Montage- & Betriebsanleitung
Installation & Operating Manual

Drehverbindungen und Zahnkränze
Blatt-, Turm- und Hauptlager von Windenergieanlagen

Slewing rings and gear rims
Blade bearings, yaw bearings and main bearings for wind turbines

Deutsch 2-65
Englisch 66-131

IO SR 2.1

Vor Beginn aller Arbeiten Betriebsanleitung lesen!
Read this manual prior to starting all work!

Diese Betriebsanleitung gibt wichtige Hinweise zum Umgang mit dem Bauteil. Die angegebenen Anweisungen müssen genau befolgt werden, um sich selbst und andere zu schützen.

Informieren Sie sich über die örtlich geltenden Unfallverhütungsvorschriften und die allgemeinen Sicherheitsbestimmungen.

Die Betriebsanleitung ist vor Beginn aller Arbeiten sorgfältig durchzulesen! Sie ist Produktbestandteil und muss in unmittelbarer Nähe des Bauteiles aufbewahrt werden. Sie muss für das Personal jederzeit zugänglich sein.

Bei der Weitergabe des Bauteiles an Dritte ist auch die Betriebsanleitung mitzugeben.

Die Abbildungen in dieser Anleitung dienen zum besseren Verständnis. Sie sind nicht unbedingt maßstabsgerecht und können von der tatsächlichen Ausführung des Bauteiles abweichen.

© IMO GmbH & Co. KG
Imostr. 1
91350 Gremsdorf, Deutschland

Tel.: +49 9193 6395-40
Fax: +49 9193 6395-4140

E-Mail: mail@imo.de
Internet: www.imo.de

Customer Service:
Tel.: +49 9193 6395-1200
E-Mail: service@imo.de

Inhaltsverzeichnis

1 Aufbau und Funktion 6
1.1 Kurzbeschreibung 6
1.1.1 Für Windkraftanlagen gilt 6
1.2 Übersicht 6
1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung 7

2 Allgemeines 8
2.1 Symbolerklärung 8
2.2 Haftungsbeschränkung 8
2.3 Urheberrecht 9
2.4 IMO Originalteile 10
2.5 Customer Service 10

3 Sicherheit 11
3.1 Sicherheitseinrichtungen 11
3.2 Besondere Gefahren 11
3.3 Verantwortung des Betreibers 12
3.4 Personalanforderungen 13
3.5 Persönliche Schutzausrüstung 13

4 Transport, Verpackung und Lagerung 15
4.1 Sicherheitshinweise für den Transport 15
4.2 Transport 15
4.3 Transportinspektion/Wareneingangsprüfung 17
4.4 Verpackung 18
4.5 Symbole auf der Verpackung 18
4.6 Lagerung 19
4.7 Lagerung von Drehverbindungen mit Langzeitkonservierung 19

5 Installation und Erstinbetriebnahme 21
5.1 Sicherheit 21
5.2 Vorbereitungen 22
5.2.1 Auspacken der Drehverbindung 22
5.2.2 Abschmieren vor Inbetriebnahme 22
5.2.3 Reinigung der Drehverbindung und Anschlusskonstruktion 22
5.2.4 Gestaltung der Anschlusskonstruktion 24
5.2.5 Ermittlung der Plan- und Winkelabweichung und der Verformung 24

Inhaltsverzeichnis

5.2.6 Korrosionsschutz der Befestigungsbohrungen und -gewindebohrungen 29
5.3 Einbau der Drehverbindung 29
5.3.1 Härteschlupf an den Lagerringen 29
5.3.1.1 Bei Kugel-Drehverbindungen: 29
5.3.1.2 Bei Rollenlager und Bauformen ohne Füllstopfen 30
5.3.2 Positionierung der Drehverbindung 31
5.3.2.1 Beispielhafte Positionierung des Härteschlupfes bei Azimutlager in Windkraftanlagen 32
5.3.3 Verschrauben der Drehverbindung 34
5.3.3.1 Vorgehensweise 35
5.3.3.2 Anziehen der Schrauben mit einem Drehmomentschlüssel 36
5.3.3.2.1 Anziehdrehmoment für Metrische Regelgewinde nach DIN 13 Festigkeitsklasse 10.9 EN ISO 898 37
5.3.3.2.2 Anziehdrehmoment für Zollgewinde nach ANSI B1.1 SAE Grade 8 38
5.3.3.3 Anziehen der Schrauben mit einer hydraulischen Spannvorrichtung 39
5.3.3.3.1 Montagevorspannkraft für Metrische Regelgewinde nach DIN 2510 Festigkeitsklasse 10.9 EN ISO 898 40
5.3.3.3.2 Montagevorspannkraft für Zollgewinde nach ANSI B1.1 SAE Grade 8 41
5.3.4 Kippspielmessung 42
5.3.4.1 Kippspielmessung bei 3 reihigen Rollendrehverbindungen 43
5.3.5 Radialspielmessung bei 3 reihigen Rollendrehverbindungen 44
5.3.6 Ermittlung des Setzbetrages 45
5.3.6.1 Ermittlung des Setzbetrags bei Azimutlager von Windkraftanlagen 46
5.3.7 Einstellung des Verdrehflankenspieles 47
5.4 Funktionstest 49

6 Wartung 50

6.1 Sicherheit....50
6.2 Wartung von Drehverbindungen....51
6.2.1 Nachschmierintervalle....51
6.3 Wartungsplan für Drehverbindungen....52
6.4 Wartungsplan für Hauptlager von Windkraftanlagen....52
6.5 Reinigung....53
6.6 Schraubenvorspannung....53
6.7 Überprüfung des Kippspieles und Setzbetrages....54
6.8 Nachschmieren der Drehverbindung....56
6.8.1 Schmierstoffe (Fette)....56
6.8.2 Fettsammelbehälter (Auffangflaschen)....58
6.8.3 Manuelles Nachschmieren der Laufbahn....58
6.8.4 Nachschmierung bei Drehverbindungen für Windkraftanlagen....59
6.8.5 Manuelles Nachschmieren der Verzahnung....60
6.9 Entnahme von Fettproben....60
6.10 Überprüfung der Dichtungen....61
6.11 Maßnahmen nach erfolgter Wartung....61

7 Demontage....63
7.1 Sicherheit....63
7.2 Demontage....64
7.3 Entsorgung....64

8 Technische Daten/Typenschild....65
8.1 Für Drehverbindungen in Windkraftanlagen gilt....65

1 Aufbau und Funktion

1.1 Kurzbeschreibung

Drehverbindungen sind Großwälzlager. Sie dienen zur gleichzeitigen Übertragung von Axial- und Radialkräften sowie Kippmomenten. Drehverbindungen bestehen aus jeweils einem Innen- und Außenring, einem integrierten Laufbahnsystem, optional ist eine Innen- oder Außenverzahnung vorhanden. Eine funktionale Dichtung dichtet das Laufbahnsystem an der Ober- und Unterseite ab. In der Drehverbindung übertragen Wälzkörper die Belastungen zwischen Innen- und Außenring. Die Kraftübertragung an die Anschlusskonstruktion erfolgt durch Schrauben. Hierfür sind Durchgangs- oder Gewindebohrungen im Innen- und Außenring vorgesehen.

1.1.1 Für Windkraftanlagen gilt

Hauptlager sind für dauernden Betrieb ausgelegt, längere Stillstandszeiten ohne Drehbewegung oder ein Blockieren der Drehbewegung ist nur für den Servicebetrieb und nur für wenige Stunden zulässig. Bei Servicearbeiten mit blockiertem Hauptlager ist darauf zu achten, dass die Wartungsarbeiten so zügig wie möglich und ohne unnötige Pausen durchgeführt werden. Es ist im Besonderen noch darauf zu achten, dass während der Wartungsarbeiten die Windgeschwindigkeit von 4 m/s nicht überschritten werden darf, um somit eine Schädigung des Hauptlagers zu vermeiden.

Auch außer Betrieb muss sichergestellt sein, dass das Hauptlager leicht dreht und auch in dieser Zeit automatisch mit Schmierstoff versorgt wird. Um dies sicherzustellen, ist die Windkraftanlage so anzusteuern, dass eine Mindestdrehzahl um 0,5 U/min. gewährleistet ist.

1.2 Übersicht

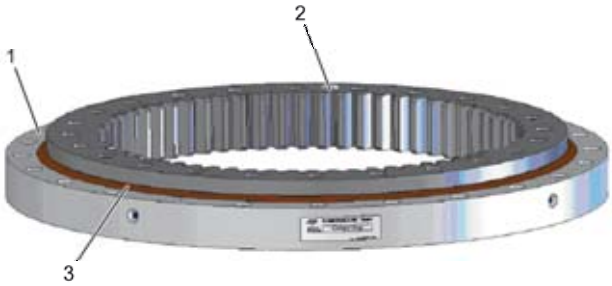


Abb. 1: Innenverzahnte Drehverbindung

1 Außenring
2 Innenring
3 Dichtung

1.3 Bestimmungsgemäße Verwendung

Das Bauteil ist nicht für den Einsatz in explosionsgefährdeter Atmosphäre bestimmt. Fehlgebrauch kann zu gefährlichen Situationen führen.

Das Bauteil ist ausschließlich für die gemäß dieser Montage- und Betriebsanleitung beschriebene Verwendung konzipiert und konstruiert.

Die Drehverbindung dient

- zur reibungsarmen Übertragung von Drehbewegungen
- als Blatt-, Azimut- und Hauptlager in Windkraftanlagen

Der Zahnkranz dient

- zur Übertragung von Drehmomenten zwischen Maschinenteilen
- zum Einbau als Azimutzahnkranz in Gleitlagerungen von Windkraftanlagen

HINWEIS!

In dieser Betriebsanleitung wird im Weiteren nicht zwischen Drehverbindungen und Zahnkränzen unterschieden. Für Zahnkränze gelten sinngemäß die gleichen Angaben wie für Drehverbindungen, sofern diese anwendbar sind. Bei Unklarheit Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).

Umbau, Umrüstung oder Veränderung der Konstruktion oder einzelner Ausrüstungsteile mit dem Ziel der Änderung des Einsatzbereiches oder der Verwendbarkeit des Bauteiles sind nicht gestattet, da diese als nicht bestimmungsgemäß gelten.

Ansprüche jeglicher Art wegen Schäden aus nicht bestimmungsgemäßer Verwendung sind ausgeschlossen.

Für alle Schäden bei nicht bestimmungsgemäßer Verwendung haftet allein der Betreiber.

2 Allgemeines

2.1 Symbolerklärung

Warnhinweise

Warnhinweise sind in dieser Betriebsanleitung durch ein Warnsymbol (⚠) und/oder Signalwörter gekennzeichnet. Durch Signalwörter wird das Ausmaß der Gefährdung beschrieben. Befolgen Sie die Anweisungen genau und handeln Sie umsichtig, um Unfälle, Personen- und Sachschäden sowie Lebensgefahr zu vermeiden.

Warnsymbol / Signalwort	Erklärung
⚠GEFAHR **oder** **GEFAHR!**	Weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht gemieden wird.
⚠WARNUNG **oder** **WARNUNG!**	Weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
⚠VORSICHT **oder** **VORSICHT!**	Weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu geringfügigen oder leichten Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
WICHTIG **oder** ***WICHTIG!***	Weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu Sachschäden führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
Tipps und Empfehlungen	**Erklärung**
ℹ	Hebt nützliche Tipps und Empfehlungen sowie Informationen für einen effizienten und störungsfreien Betrieb hervor.

2.2 Haftungsbeschränkung

Alle Angaben und Hinweise in dieser Anleitung wurden unter Berücksichtigung der geltenden Normen und Vorschriften, des Stands der Technik sowie unserer langjährigen Erkenntnisse und Erfahrungen zusammengestellt.

Der Hersteller übernimmt keine Haftung für Schäden aufgrund:

- Nichtbeachtung dieser Anleitung
- Nichtbestimmungsgemäßer Verwendung
- Einsatz von nicht ausgebildetem Personal
- Eigenmächtiger Umbauten
- Technischer Veränderungen
- Verwendung nicht zugelassener Ersatzteile

Der tatsächliche Lieferumfang kann bei Sonderausführungen, der Inanspruchnahme zusätzlicher Bestelloptionen oder aufgrund neuester technischer Änderungen von den hier beschriebenen Erläuterungen und Darstellungen abweichen.

Im Übrigen gelten die im Liefervertrag vereinbarten Verpflichtungen, die Allgemeinen Geschäftsbedingungen sowie die Lieferbedingungen des Herstellers und die zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses gültigen gesetzlichen Regelungen.

Technische Änderungen im Rahmen der Verbesserung der Gebrauchseigenschaften und der Weiterentwicklung behalten wir uns vor.

2.3 Urheberrecht

© Copyright 2014, IMO GmbH & Co. KG

Die in dieser Betriebsanleitung und/oder in sämtlichen Teilen, Unterteilen bzw. Kapiteln davon enthaltenen Informationen sind geistiges Eigentum der IMO GmbH & Co. KG und unterliegen dem inländischen und internationalen Urheberrecht und anderen Gesetzen zum Schutz geistigen Eigentums.

Die hier enthaltenen Informationen dienen dem Betrieb, der Wartung und der Beseitigung von Störungen der hier beschriebenen Einheiten.

Die Vervielfältigung, Reproduktion, Übersetzung, Mikroverfilmung, Speicherung in elektronischer oder magnetischer Form, Nachahmung oder Weitergabe dieser Materialien und/oder der hier enthaltenen Informationen ohne die vorherige schriftliche Zustimmung der IMO GmbH & Co. KG wird hiermit strikt untersagt.

Alle Rechte und Rechtsmittel bleiben ausdrücklich vorbehalten.

Zuwiderhandlungen werden strafrechtlich verfolgt.

Die IMO GmbH & Co. KG haftet in keiner Weise für die unrechtmäßige Nutzung der hier enthaltenen Informationen durch Personen bzw. juristische Personen, unabhängig vom Ort.

Die IMO GmbH & Co. KG behält sich das Recht vor, zu jeder Zeit und egal aus welchen Gründen jegliche hier enthaltenen Informationen und auch die Anlage selbst abzuändern bzw. zu modifizieren, mit oder ohne vorherige Ankündigung.

2.4 IMO Originalteile

⚠WARNUNG

Nur IMO Originalteile verwenden! Der Einsatz von nicht autorisierten, falschen oder mangelhaften Ersatzteilen kann zu Schäden, Störungen und Ausfällen führen bzw. die Sicherheit des Gerätes beeinträchtigen und somit Verletzungen oder den Tod von Personen verursachen.

IMO Originalteile über Vertragshändler oder direkt beim Hersteller beziehen (⇨ Seite 2).

2.5 Customer Service

Für technische Auskünfte steht unser Customer Service zur Verfügung (⇨ Seite 2).

Darüber hinaus sind unsere Mitarbeiter ständig an neuen Informationen und Erfahrungen interessiert, die sich aus der Anwendung ergeben und für die Verbesserung unserer Produkte wertvoll sein können.

3 Sicherheit

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über alle wichtigen Sicherheitsaspekte für einen optimalen Schutz des Personals sowie für den sicheren und störungsfreien Betrieb.

Die Nichtbeachtung der in dieser Anleitung aufgeführten Handlungsanweisungen und Sicherheitshinweise kann zu erheblichen Gefährdungen führen.

3.1 Sicherheitseinrichtungen

Integration in ein Not-Stopp-Konzept erforderlich

Das Bauteil ist für den Einsatz innerhalb einer Anlage bestimmt. Es besitzt keine eigene Steuerung und keine autonome Not-Stopp-Funktion.

Bevor das Bauteil in Betrieb genommen wird, Not-Aus-Einrichtungen zum Bauteil installieren und in die Sicherheitskette der Anlagensteuerung einbinden.

Die Not-Aus-Einrichtungen derart anschließen, dass bei einer Unterbrechung der Energieversorgung oder der Aktivierung der Energieversorgung nach einer Unterbrechung gefährliche Situationen für Personen und Sachwerte ausgeschlossen sind.

Die Not-Aus-Einrichtungen müssen stets frei erreichbar sein.

3.2 Besondere Gefahren

Im folgenden Abschnitt sind Restrisiken benannt.

⚠WARNUNG

Die hier aufgeführten Sicherheitshinweise und die Warnhinweise in den weiteren Kapiteln dieser Anleitung beachten, um Gesundheitsgefahren zu reduzieren und gefährliche Situationen zu vermeiden.

VCI-Folie

GEFAHR! Fern von Kinderhand lagern und fachgerecht entsorgen. Bei unsachgemäßem Gebrauch besteht Erstickungsgefahr. Haut- und Augenkontakt mit VCI-Folie vermeiden. Wiederholter oder langer Hautkontakt kann zur Entfettung der Haut und zu Dermatitis führen.

Bewegte Bauteile

WARNUNG! Während des Betriebes nicht in bewegte Bauteile eingreifen oder an bewegten Bauteilen hantieren. Abdeckungen im Betrieb nicht öffnen. Nachlaufzeit beachten: Vor dem Öffnen der Abdeckung sicherstellen, dass sich keine Teile mehr bewegen. Im Gefahrenbereich eng anliegende Arbeitsschutzkleidung tragen. Rotierende und/oder linear bewegte Bauteile können schwere Verletzungen verursachen!

Herabfallende Materialien

WARNUNG! Die Gefahrenbereiche während des Betriebes niemals betreten! Im Betrieb kann schweres Material unkontrolliert herabfallen oder herausgeschleudert werden und schwere bis tödliche Verletzungen verursachen.

Schmutz und herumliegende Gegenstände

VORSICHT! Arbeitsbereiche immer sauber halten. Nicht mehr benötigte Gegenstände entfernen. Stolperstellen mit gelb-schwarzem Markierband kennzeichnen. Verschmutzungen und herumliegende Gegenstände bilden Rutsch- und Stolperquellen und können erhebliche Verletzungen verursachen.

3.3 Verantwortung des Betreibers

Betreiber

… ist diejenige Person, die das Bauteil zu gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken selbst betreibt oder einem Dritten zur Nutzung/Anwendung überlässt und während des Betriebes die rechtliche Produktverantwortung für den Schutz der Anwender oder Dritten trägt.

Das Bauteil wird im gewerblichen Bereich eingesetzt. Der Betreiber des Bauteiles unterliegt daher den gesetzlichen Pflichten zur Arbeitssicherheit.

Neben den Sicherheitshinweisen in dieser Anleitung müssen die für den Einsatzbereich des Bauteiles gültigen Sicherheits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzvorschriften eingehalten werden. Dabei gilt insbesondere:

- Der Betreiber muss sich über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren und in einer Gefährdungsbeurteilung zusätzlich Gefahren ermitteln, die sich durch die speziellen Arbeitsbedingungen am Einsatzort des Bauteiles ergeben. Diese muss er in Form von Betriebsanweisungen für den Betrieb des Bauteiles umsetzen.
- Der Betreiber muss während der gesamten Einsatzzeit des Bauteiles prüfen, ob die von ihm erstellten Betriebsanweisungen dem aktuellen Stand der Regelwerke entsprechen und diese falls erforderlich anpassen.
- Der Betreiber muss die Zuständigkeiten für Installation, Bedienung, Wartung und Reinigung eindeutig regeln und festlegen.
- Der Betreiber muss dafür sorgen, dass alle Mitarbeiter, die mit dem Bauteil umgehen, diese Anleitung gelesen und verstanden haben.
  Darüber hinaus muss er das Personal in regelmäßigen Abständen schulen und über die Gefahren informieren.
- Der Betreiber muss dem Personal die erforderliche Schutzausrüstung bereitstellen.

Weiterhin ist der Betreiber dafür verantwortlich, dass das Bauteil stets in technisch einwandfreiem Zustand ist, daher gilt Folgendes:

- Der Betreiber muss dafür sorgen, dass die in dieser Anleitung beschriebenen Wartungsintervalle eingehalten werden.
- Der Betreiber muss alle Sicherheitseinrichtungen regelmäßig auf Funktionsfähigkeit und Vollständigkeit überprüfen lassen.

Die Dichtungen in der Drehverbindung unterliegen einem gewissen Verschleiß. Es ist notwendig, die Dichtungen von Zeit zu Zeit auf einwandfreien Sitz und Funktion zu überprüfen. Je nach Laufzeit der Anlage kann es auch erforderlich werden, Dichtungen zu ersetzen. Es ist deshalb vom Anlagenhersteller sicher zu stellen, dass ausreichend Platz und Zugänglichkeit zur Kontrolle und zum Austausch der Dichtungen auf dem gesamten Umfang der Drehverbindung vorhanden ist.

3.4 Personalanforderungen

Unbefugte Person

WARNUNG! Nicht zugelassene Personen dürfen den Arbeitsbereich nicht betreten! Nicht zugelassene Personen können Gefahrensituationen verursachen.

Fachpersonal

... ist aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrung sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen in der Lage, die ihm übertragenen Arbeiten auszuführen und mögliche Gefahren selbstständig zu erkennen.

3.5 Persönliche Schutzausrüstung

Bei der Arbeit ist das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung erforderlich, um die Gesundheitsgefahren zu minimieren.

- Die für die jeweilige Arbeit notwendige Schutzausrüstung während der Arbeit stets tragen.
- Im Arbeitsbereich angebrachte Hinweise zur persönlichen Schutzausrüstung befolgen.

Grundsätzlich tragen

Bei allen Arbeiten grundsätzlich tragen:

Arbeitsschutzkleidung
ist eng anliegende Arbeitskleidung mit geringer Reißfestigkeit, mit engen Ärmeln und ohne abstehende Teile. Sie dient vorwiegend zum Schutz vor Erfassen durch bewegliche Maschinenteile.
Keine Ringe, Ketten und sonstigen Schmuck tragen.

Sicherheitsschuhe
zum Schutz vor schweren herabfallenden Teilen und Ausrutschen auf rutschigem Untergrund.

Schutzhandschuhe
zum Schutz der Hände vor Reibung, Abschürfungen, Einstichen oder tieferen Verletzungen sowie vor Berührung mit heißen Oberflächen.

Sicherheit

Bei besonderen Arbeiten tragen

Beim Ausführen besonderer Arbeiten ist spezielle Schutzausrüstung erforderlich. Auf diese wird in den einzelnen Kapiteln dieser Anleitung gesondert hingewiesen. Im Folgenden werden diese besonderen Schutzausrüstungen erläutert:

Gesichtsschutz
zum Schutz der Augen und des Gesichts vor Lösungsmitteln.

Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe
zum Schutz der Hände vor aggressiven Substanzen.
Vor Gebrauch Schutzhandschuhe auf Dichtigkeit prüfen. Vor dem Ausziehen reinigen, anschließend gut belüftet aufbewahren.

4 Transport, Verpackung und Lagerung

4.1 Sicherheitshinweise für den Transport

⚠WARNUNG **Niemals unter schwebende Lasten treten! Schwenkende oder herabfallende Teile können zu Verletzungen oder Lebensgefahr führen.**

⚠WARNUNG **Bei Hebevorgängen und Transport Vorsicht walten lassen. Nur die hier beschriebenen Transportmethoden verwenden. Durch Herunterfallen der Drehverbindung besteht Lebensgefahr durch Quetschen oder Erschlagen.**

WICHTIG **Beim Transport von Gegenständen vorsichtig vorgehen! Hinweissymbole auf den Packstücken befolgen und nur die vorgesehenen Anschlagpunkte nutzen. Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.**

WICHTIG **Beim Transport Stöße vermeiden! Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.**

WICHTIG **Die einschlägigen Transportvorschriften sind zu beachten. Es sind nur zulässige Ladungssicherungsmittel zu verwenden.**

4.2 Transport

Transport nur durch Fachpersonal.

Transport von Packstücken

Packstücke, die nicht auf Paletten befestigt sind, können mit einem Gabelstapler oder Gabelhubwagen unter folgenden Bedingungen transportiert werden:

- Der Gabelstapler oder Gabelhubwagen muss für das Gewicht der Transporteinheiten ausgelegt sein.
- Der Fahrer muss zum Fahren des Gabelstaplers berechtigt sein.

Anschlagen:

1. Ausreichend lange und breite Verlängerungen (z. B. aus Holz oder Metall) zwischen Gabeln und Packstück legen, damit das Gewicht auf die Auflageflächen verteilt wird.
2. Die Gabeln, gegebenenfalls mit Verlängerungen, so weit einfahren, dass sie auf der Gegenseite herausragen.
3. Sicherstellen, dass das Packstück bei Kopflastigkeit nicht kippen kann.
4. Das Packstück anheben und den Transport beginnen.

Transport, Verpackung und Lagerung

Transport von Paletten/Kisten mit dem Kran

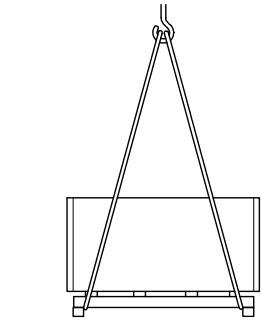


Abb. 2 Transport mit dem Kran

Packstücke, die auf Paletten oder in Kisten verpackt sind, können mit einem Kran unter folgenden Bedingungen transportiert werden:

- Kran und Hebezeuge müssen für das Gewicht der Packstücke ausgelegt sein.
- Der Bediener muss zum Bedienen des Kranes berechtigt sein.

Anschlagen:

1. Seile, Gurte oder Mehrpunktgehänge entsprechend Abb. 2 an der Palette/Kiste anschlagen.
2. Prüfen, ob die Packstücke durch die Anschlagmittel nicht beschädigt werden. Falls erforderlich, andere Anschlagmittel verwenden.
3. Transport beginnen.

Transport von Paletten/Kisten mit dem Gabelstapler

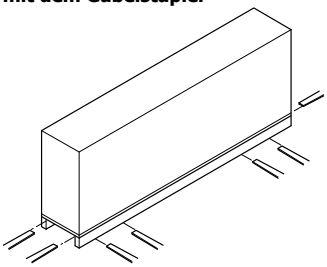


Abb. 3 Transport mit dem Gabelstapler

Packstücke, die auf Paletten oder in Kisten verpackt sind, können mit einem Gabelstapler unter folgenden Bedingungen transportiert werden:

- Der Gabelstapler muss entsprechend dem Gewicht der Transporteinheiten ausgelegt sein.
- Der Fahrer muss zum Fahren des Gabelstaplers berechtigt sein.

Anschlagen:

1. Den Gabelstapler mit den Gabeln zwischen oder unter die Holme der Palette/Kiste fahren.
2. Die Gabeln so weit einfahren, dass sie auf der Gegenseite herausragen.
3. Sicherstellen, dass die Palette/Kiste bei außermittigem Schwerpunkt nicht kippen kann.
4. Das Packstück anheben und den Transport beginnen.

Transport von unverpackten Drehverbindungen

Abb. 4: Geeignetes Hebezeug verwenden/Produkt niemals vertikal transportieren

Unverpackte Drehverbindungen können mit geeignetem Hebezeug bei Verwendung von Ringschrauben unter folgenden Bedingungen transportiert werden:

- Das Hebezeug muss entsprechend dem Gewicht der Transporteinheiten ausgelegt sein.
- Die Ringschrauben müssen entsprechend dem Gewicht der Transporteinheit ausgelegt sein.
- Die Drehverbindung darf nur alleine, ohne angebaute Teile der Anschlusskonstruktion transportiert werden.
- Die vom Hersteller vorgeschriebene Einschraubtiefe der Ringschrauben einhalten. Ist keine Einschraubtiefe vorgeschrieben, muss eine Mindesteinschraubtiefe von 1,5 x Schraubendurchmesser gewählt werden.
- Der innerbetriebliche Transport darf nur horizontal erfolgen.

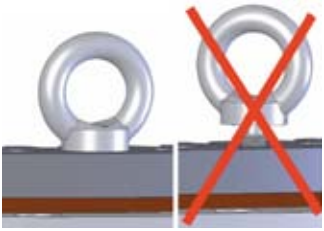


Abb. 5: Volle Gewindelänge nutzen

Anschlagen:

1. Die 3 Ringschrauben in die 3 gleichmäßig am Umfang der Drehverbindung verteilten Gewindebohrungen einschrauben.

WARNUNG! Die Ringschrauben mit voller Gewindelänge einschrauben! Durch unsachgemäß angebrachte, ungeeignete oder beschädigte Ringschrauben kann die Drehverbindung abstürzen und lebensgefährliche Verletzungen verursachen.

2. Hebezeug an den Ringschrauben anschlagen.
3. Transport beginnen.

4.3 Transportinspektion/Wareneingangsprüfung

Die Lieferung bei Erhalt unverzüglich auf Vollständigkeit und Transportschäden prüfen.

Bei äußerlich erkennbarem Transportschaden wie folgt vorgehen:

- Lieferung nicht oder nur unter Vorbehalt entgegennehmen.
- Schadensumfang auf den Transportunterlagen oder auf dem Lieferschein des Transporteurs vermerken.
- Reklamation einleiten.

Jeden Mangel innerhalb von 2 Tagen nach Warenlieferung melden. Schadenersatzansprüche können nur innerhalb dieser Reklamationsfrist geltend gemacht werden.

4.4 Verpackung

Abb. 6: VCI Folie

Die Verpackung soll die DV bis zur Montage vor Transportschäden und Korrosion schützen. Der Korrosionsschutz funktioniert nach der VCI Methode.

Die Verpackung darf nicht zerstört oder beschädigt werden, sowie erst kurz vor der Montage entfernt werden.

Die Verpackung der DV ist den vom Kunden vorgegebenen Transportbedingungen angepasst. Die Korrosionsschutzdauer beträgt bei der Standardverpackung sowie bei der Seefrachtverpackung 8 Wochen inklusive der Frachtperiode. Nach dieser Zeit muss der Kunde für ausreichenden Korrosionsschutz sorgen.

WICHTIG

- Die DV darf erst ausgepackt werden, wenn die Temperatur der DV der Umgebungstemperatur entspricht. Somit wird Kondenswasserbildung an der Drehverbindung vermieden
- Die Verpackung stellt keinen Korrosionsschutz im Betrieb der Drehverbindung dar.

Abb. 7: Transportkreuz

Zum Teil werden die DV mit einem Transportkreuz ausgeliefert. Folgendes ist zu beachten:

- DV müssen liegend gelagert werden
- Das Transportkreuz erst kurz vor der Montage entfernen.

Umgang mit Verpackungs-materialien

Sofern keine gesonderten Vereinbarungen über den Umgang mit der Verpackung getroffen wurden, Materialien nach Art und Größe trennen und der weiteren Nutzung oder Wiederverwertung zuführen.

WICHTIG! **Verpackungsmaterialien umweltgerecht entsorgen. Durch falsche Entsorgung können Umweltschäden entstehen.**

4.5 Symbole auf der Verpackung

Keine vom Benutzer zu reparierenden Teile enthalten! Unautorisiertes Öffnen der Einheit führt zum Erlöschen der Herstellergarantie.

NO USER SERVICABLE PARTS INSIDE! UNAUTHORIZED OPENING OF THIS DEVICE VOIDS THE MANUFACTURER'S WARRANTY.

Bei Verpackung in Folie:

Gefahr!
Erstickungsgefahr!
Diese Folie ist kein Spielzeug!
Von Kindern fernhalten!

4.6 Lagerung

Lagerung der Packstücke

Abb. 8: Geschützt lagern

Packstücke unter folgenden Bedingungen lagern:

- Nicht im Freien aufbewahren.
- Trocken und staubfrei lagern.
- Auf festem Untergrund lagern.
- Keinen aggressiven Medien aussetzen.
- Bei Stapeln stabile Zwischenlagen verwenden.
- Nie mehr als drei Packstücke übereinander stapeln.
- Vor direkter Sonneneinstrahlung schützen.
- Mechanische Erschütterungen vermeiden.
- Lagertemperatur: 15° C (59° F) bis 35° C (95° F).
- Relative Luftfeuchtigkeit: max. 60 %.
- Nicht senkrecht lagern.
- Ist der Lagerungszeitraum länger als bei Auftrag/Bestellung angegeben, so ist in regelmäßigen Abständen die Verpackung zu kontrollieren. Falls erforderlich, die Konservierung auffrischen oder erneuern.

Unter Umständen befinden sich auf den Packstücken Hinweise zur Lagerung, die über die hier genannten Anforderungen hinausgehen. Diese entsprechend einhalten.

Abb. 9: Nicht senkrecht lagern

4.7 Lagerung von Drehverbindungen mit Langzeitkonservierung

Die Drehverbindung ist nicht befettet!

Eine Befettung vor Installation der Drehverbindung, gemäß der Einbau- und Wartungsanweisung hat zu erfolgen.

Um den Korrosionsschutz von bis zu 5 Jahre zu gewährleisten sind alle Innen- und Außenkonturen mit VCI 368 benetzt. Zusätzlich ist die Drehverbindung mit einer VCI Stretchfolie umwickelt und in eine PE – Folie eingeschweißt.

Zwei Feuchtigkeitsindikatoren zwischen den beiden Folien geben Aufschluss über die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb der Verpackung.

Um eine Beschädigung der Folien zu vermeiden, ist die Drehverbindung in einer Holzkiste verpackt und fixiert.

Transport, Verpackung und Lagerung

Diese spezielle Verpackung/Konservierung ist geeignet für eine Lagerzeit von bis zu 5 Jahren in geschlossenen temperierten Räumen (>12 °C)

Nach Erhalten der Ware ist der Verpackungszustand zu prüfen, weitere Prüfungen erfolgen in einem Abstand von 6 Monaten. Geprüft wird die Verpackung auf Unversehrtheit sowie die relative Luftfeuchtigkeit. Hierzu sind auf der Oberseite der Drehverbindung zwei gegenüberliegenden Feuchtigkeitsindikatoren angebracht. Das jeweilige Ergebnis muss im Prüfbericht dokumentiert werden.

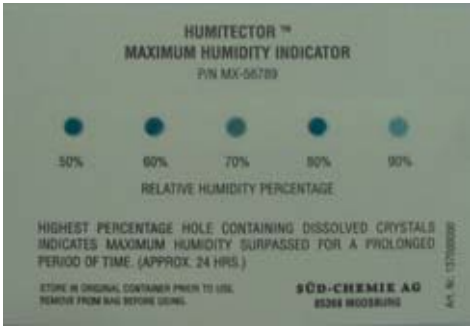


Abb. 10: Feuchtigkeitsindikator

relative Luftfeuchtigkeit **%**	*Bemerkung*
bis 50	**ok**
ab 60	*nicht ok*

Sollte nach Ablauf der 5 Jahre eine weitere konservierte Lagerung notwendig sein, muss der Langzeitkonservierungsschutz unter Betreuung eines IMO Service Team Mitarbeiters erneuert werden. In Absprache besteht auch die Möglichkeit die Drehverbindung an IMO zurückzusenden, um den Konservierungsschutz erneuern zu lassen bzw. eine Erstbefettung vorzunehmen.

Bei Nichtbeachtung dieser Prüfanweisung, erlischt die Gewährleistung der Langzeitkonservierung.

Hinweis:

Das Konservierungsmittel VCI 368 wird von Schmierstoffen absorbiert und hat eine sehr gute Schmierstoffverträglichkeit. Das Entfernen des Konservierungsmittels aus dem Laufbahnsystem ist somit vor der Erstbefettung nicht notwendig.

5 Installation und Erstinbetriebnahme

5.1 Sicherheit

⚠GEFAHR **Vor Beginn der Arbeiten alle Energieversorgungen abschalten und gegen Wiedereinschalten sichern. Durch unbefugtes Wiedereinschalten der Energieversorgung besteht Lebensgefahr für die Personen im Gefahrenbereich.**

⚠WARNUNG **Vor Beginn der Arbeiten für ausreichende Montagefreiheit sorgen. Mit offenen scharfkantigen Bauteilen vorsichtig umgehen. Auf Ordnung und Sauberkeit am Montageplatz achten! Lose aufeinander- oder umherliegende Bauteile und Werkzeuge sind Unfallquellen. Bauteile fachgerecht montieren. Vorgeschriebene Schrauben-Anziehdrehmomente einhalten. Bauteile sichern, damit sie nicht herabfallen oder umstürzen. Unsachgemäße Installation und Erstinbetriebnahme kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen.**

⚠WARNUNG **Niemals unter schwebende Lasten treten! Schwenkende oder herabfallende Teile können zu Verletzungen oder Lebensgefahr führen.**

⚠WARNUNG **Bei Hebevorgängen und Transport Vorsicht walten lassen. Nur die hier beschriebenen Transportmethoden verwenden. Durch Herunterfallen der Bauteile besteht Lebensgefahr durch Quetschen.**

WICHTIG **Beim Transport von Gegenständen vorsichtig vorgehen! Hinweissymbole auf den Packstücken befolgen und nur die vorgesehenen Anschlagpunkte nutzen. Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.**

WICHTIG **Beim Transport Stöße vermeiden! Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.**

WICHTIG **Dichtungen dürfen nicht überlackiert werden. Durch Überlackierung können erhebliche Schäden entstehen.**

WICHTIG **Bei beschichteten Drehverbindungen ist darauf zu achten, dass die Beschichtung nicht beschädigt wird. Gegebenenfalls Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).**

Personal

- Installation und Erstinbetriebnahme dürfen nur von speziell ausgebildetem Fachpersonal ausgeführt werden.

Persönliche Schutzausrüstung

Folgende Schutzausrüstung bei allen Arbeiten zur Installation und Erstinbetriebnahme tragen:

- Arbeitsschutzkleidung
- Sicherheitsschuhe
- Schutzhandschuhe

Auf weitere Schutzausrüstung, die bei bestimmten Arbeiten erforderlich ist, wird in den Warnhinweisen dieses Kapitels gesondert hingewiesen.

5.2 Vorbereitungen

5.2.1 Auspacken der Drehverbindung

WICHTIG

Beim Schneiden der VCI-Folie ist darauf zu achten, dass Kunststoffelemente, wie z. B. Dichtungen, nicht beschädigt werden.
Die DV darf erst ausgepackt werden, wenn die Temperatur der DV der Umgebungstemperatur entspricht. Somit wird Kondenswasserbildung an der Drehverbindung vermieden

5.2.2 Abschmieren vor Inbetriebnahme

Drehverbindungen werden im befetteten Zustand ausgeliefert. Vor der Erstinbetriebnahme muss die Drehverbindung dennoch abgeschmiert werden (⇨6.8.3, 6.8.4 & 6.8.5).

5.2.3 Reinigung der Drehverbindung und Anschlusskonstruktion

Folgende zusätzliche Schutzausrüstung bei Reinigungsarbeiten tragen:

Gesichtsschutz
zum Schutz der Augen und des Gesichts vor Lösungsmitteln.

Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe
zum Schutz der Hände vor aggressiven Substanzen.
Vor Gebrauch Schutzhandschuhe auf Dichtigkeit prüfen. Vor dem Ausziehen reinigen, anschließend gut belüftet aufbewahren.

Abb. 11: Kein Reinigungsmittel in die Laufbahnsysteme eindringen lassen

Abb. 12: Reinigung

Reinigung:

WICHTIG! **Kaltlösungsmittel (z. B. Waschbenzin, Dieselöl, Kaltryl KEV) verwenden, die den Dichtungswerkstoff nicht angreifen. Sicherstellen, dass kein Reinigungsmittel in die Drehverbindung eindringt. Das Reinigen der Drehverbindung mittels Hochdruckreiniger ist verboten. Ungeeignete Reinigungsmittel auf der Basis von Tri- oder Perchloräthylen oder andere aggressive Reiniger beschädigen die Dichtung und können Lagerschäden verursachen.**

- Bei Verwendung von Reinigungsmitteln für ausreichend Belüftung sorgen.
- Absolutes Rauchverbot einhalten.
- Altfett, Staub und groben Schmutz mit fusselfreiem Lappen entfernen.
- Fremdmaterial von der Auflagefläche der Anschlusskonstruktion entfernen (einschließlich Farbreste, Schweißperlen, Gratbildung).
- Falls erforderlich Auflagefläche der Drehverbindung reinigen.
- Arbeitsschutzvorschriften strikt einhalten.

5.2.4 Gestaltung der Anschlusskonstruktion

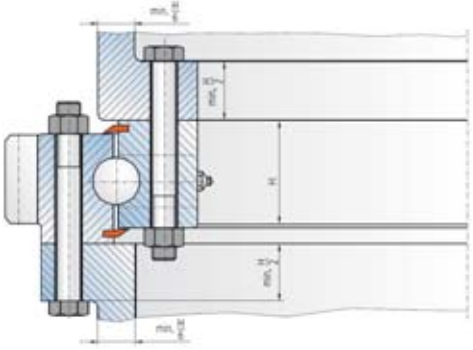


Abb. 13: zul. Planabweichung der Anschlusskonstruktion

Die sichere Übertragung der vorhandenen Belastungen und die störungsfreie Nutzung der Drehverbindung wird unter anderem auch durch eine ausreichend bemessene Anschlusskonstruktion erreicht.
Dabei sind zur sicheren Funktion der Drehverbindung bestimmte Mindestanforderungen an die Anschlusskonstruktion zu stellen:

- ausreichende Steifigkeit siehe Tabelle 3 und Tabelle 4
- Ebenheit nach Montage- und Betriebsanleitung einhalten
- keine harten Punkte (z.B. durch quer laufende Träger)
- Anschraubflächen mindestens drehbearbeitet
- Topfkonstruktion ist zu bevorzugen
- alle Befestigungsschrauben genutzt
- empfohlene Schraubenqualität verwendet
- Mindestfestigkeit der Anschlusskonstruktion 500 N/mm^2, siehe auch *Tabelle 5*

Je nach maximaler Belastung und Anwendung können sich für die Ausführung der Anschlusskonstruktion sehr unterschiedliche Lösungen ergeben.

Wird die Anschlusskonstruktion als Topfkonstruktion ausgeführt, sollte die Flanschdicke mindestens 50 % der Ringhöhe betragen. Die Wandstärke des Topfes sollte mindestens 1/6 der Ringhöhe sein.
Bei gewichtskritischen Anwendungen können die Flanschdicken nur dann reduziert werden, wenn entsprechende Versteifungen vorgesehen werden und die Vorgaben zur zulässigen Plan- und Winkelabweichung sowie der Verformung unter Belastung eingehalten werden. Werte hierzu siehe Tabelle 3 und Tabelle 4.

5.2.5 Ermittlung der Plan- und Winkelabweichung und der Verformung

Ermittlung der Plan- und Winkelabweichung der Anschlusskonstruktion

Die Anschlusskonstruktion kann mittels Messplatte und Messuhren vermessen werden.
Gut bewährt haben sich auch Laserverfahren und das Messen mit 3-D-Systemen. Diese Systeme können ohne zusätzliche Hilfsmittel eingesetzt werden und den Istverlauf der Anschlusskonstruktion dokumentieren und entsprechend aufbereiten.

Planabweichung

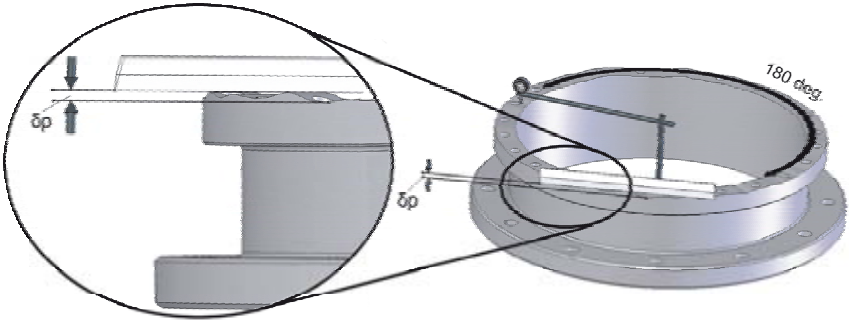


Abb. 14: Planabweichung

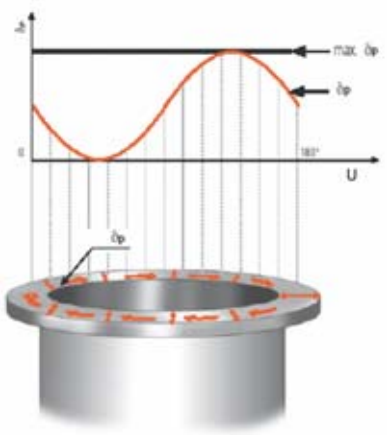


Abb. 15: zul. Planabweichung der Anschlusskonstruktion

δp = Planabweichung
max. δp = maximale Planabweichung
U = Umfang

- Der maximale Restwert für die Planabweichung δp darf in Umfangsrichtung nur einmal am halben Umfang erreicht werden. Der Verlauf muss ähnlich einer Sinus-Kurve aussehen, die langsam ansteigt oder fällt.

Winkelabweichung

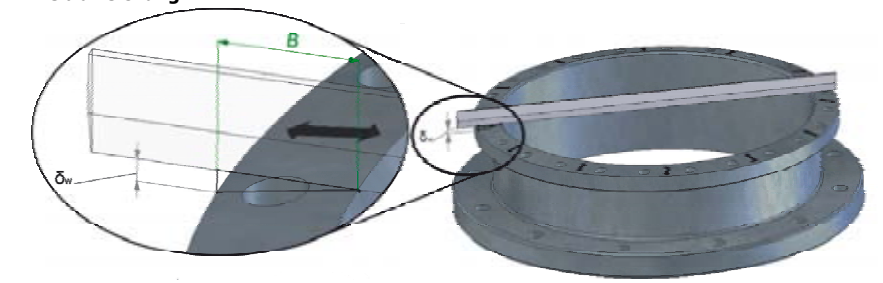


Abb. 16: Winkelabweichung

δw = Winkelabweichung
B = Flanschbreite

- Die zulässige Winkelabweichung δw (Verkippung) bezieht sich auf die tatsächliche Flanschbreite und darf nur die Hälfte der Werte aus den nachfolgenden Tabellen betragen.

Abb. 17: Zeichnungsnummer

Die Lagerbauform (1), die Größe des Wälzkörperdurchmessers dw (2) und des Laufkreisdurchmessers D_L (3) ist in der Zeichnungsnummer enthalten und kann den Begleitdokumenten oder dem Typenschild entnommen werden. Die Ziffern 1 und 4 stehen bei der Lagerbauform (1) für ein Kugellager, die Ziffer 3 für ein Rollenlager. Alle Angaben in der Zeichnungsnummer sind metrisch in [mm].

Bei Drehverbindungen, die zwischen den angegebenen Größen liegen, den jeweils kleineren Wert annehmen. Bei Drehverbindungen, die größer als der größte Durchmesser sind, den Wert für den größten angegebenen Wert verwenden.

Die Drehverbindung muss von der Anschlusskonstruktion über die gesamte Anschraubfläche des jeweiligen Ringes unterstütz werden.

Bei vorgespannten Kugeldrehverbindungen die Werte für Rollendrehverbindungen verwenden.

Zulässige Plan- einschl. Winkelabweichungen für Drehverbindungen Standardausführung

Metrisch:

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
zul. Plan- einschl. Winkelabweichung je Auflagefläche [mm]	Kugel	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,30
	Rolle	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,17

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	
zul. Plan- einschl. Winkelabweichung je Auflagefläche [mm]	Kugel	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	
	Rolle	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	

Tabelle 1

in Zoll:

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
zul. Plan- einschl. Winkelabweichung je Auflagefläche [inch]	Kugel	0,0031	0,0039	0,0051	0,0059	0,0071	0,0079	0,0091	0,0098	0,0118
	Rolle	0,0024	0,0031	0,0035	0,0039	0,0043	0,0051	0,0055	0,0059	0,0067

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	
zul. Plan- einschl. Winkelabweichung je Auflagefläche [inch]	Kugel	0,0138	0,0157	0,0177	0,0197	0,0217	0,0236	0,0256	0,0276	
	Rolle	0,0079	0,0091	0,0098	0,0110	0,0118	0,0130	0,0138	0,0150	

Tabelle 2

Ermittlung der Verformung der Anschlusskonstruktion

Unter der maximalen Betriebsbelastung stellt sich eine entsprechende Verformung der Anschlusskonstruktion ein. Die maßliche Erfassung kann über Messuhren, Lasermessverfahren oder 3-D-Messsysteme erfolgen.

Da sich die Messung im Betrieb in einigen Fällen als schwierig erweist, kann die Ermittlung der Verformung auch rechnerisch, z. B. mit der Finite-Element-Methode durchgeführt werden. Alternativ können auch vergleichbare Messungen auf Prüfständen herangezogen werden.

Zulässige Verformung der Anschlusskonstruktion unter max. Belastung, für Drehverbindungen Standardausführung

Metrisch:

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
zul. Verformung der Anschlusskonstruktion [mm]	Kugel	0,21	0,27	0,35	0,40	0,48	0,50	0,61	0,67	0,80
	Rolle	0,16	0,21	0,24	0,27	0,29	0,35	0,37	0,40	0,45

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
zul. Verformung der Anschlusskonstruktion [mm]	Kugel	0,93	1,06	1,20	1,33	1,46	1,59	1,73	1,86
	Rolle	0,48	0,60	0,66	0,73	0,79	0,86	0,92	1,00

Tabelle 3

in Zoll:

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
zul. Verformung der Anschlusskonstruktion [inch]	Kugel	0,0083	0,0106	0,0138	0,0157	0,0189	0,0197	0,0240	0,0264
	Rolle	0,0063	0,0083	0,0094	0,0106	0,0114	0,0138	0,0146	0,0157

Laufkreisdurchmesser D_L [mm]	bis	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
zul. Verformung der Anschlusskonstruktion [inch]	Kugel	0,0315	0,0366	0,0417	0,0472	0,0524	0,0575	0,0626	0,0681	0,0732
	Rolle	0,0177	0,0189	0,0236	0,0260	0,0287	0,0311	0,0339	0,0362	0,0394

Tabelle 4

WICHTIG

Die Verformung der Anschlusskonstruktion ist die Summe aus der axialen Einfederung, der Verkippung und der radialen Aufweitung (oder radialen Einschnürung) der Anschlusskonstruktion unter maximaler Belastung.

Die Flanschdicke der Anschlusskonstruktion sollte mindestens 50% der Drehverbindungsbauhöhe betragen. Weitere Hinweise zur Gestaltung der Anschlusskonstruktion finden Sie in den IMO Hauptkatalogen unter Kapitel „Technische Grundlagen".

Bei Drehverbindungen, die zwischen den angegebenen Laufkreisdurchmessern liegen, den jeweils kleineren Wert annehmen. Bei Drehverbindungen, die größer als der größte Durchmesser sind, den Wert für den größten angegebenen Wert verwenden.

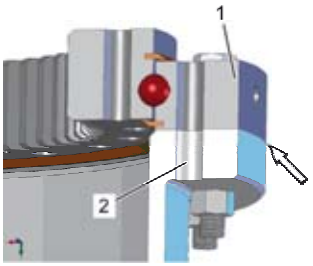


Abb. 18: Drehverbindung voll unterstützt

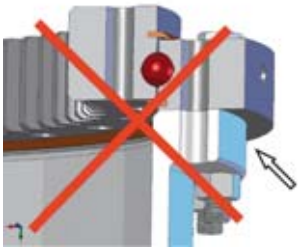


Abb. 19: Drehverbindung nicht voll unterstützt

Der Innen- und Außenring der Drehverbindung muss immer auf ganzer Breite auf der Anschlusskonstruktion (Abb. 17) aufliegen.

5.2.6 Korrosionsschutz der Befestigungsbohrungen und -gewindebohrungen

⚠GEFAHR

- Die Mantelfläche der Bohrungen muss dauerhaft gegen Korrosion geschützt werden. Die Ausführung muss auftretende Beschädigungen des Korrosionsschutzes beim Verschrauben, z. B. der Rotorblätter insbesondere im Feld, berücksichtigen.
- Auch ein von IMO werksseitig angebrachter Korrosionsschutz muss nach der Montage der Schrauben überprüft und gegebenenfalls nachgebessert werden.
- Eine Korrosion der Bohrungen kann zu lokaler Spannungsrisskorrosion führen, in deren Folge sich Risse entwickeln können, die zum Bruch des Lagers führen können. Der Bruch kann zum Versagen der Gesamtkonstruktion führen, z.B. Blattsturz bei Windkraftanlagen.

5.3 Einbau der Drehverbindung

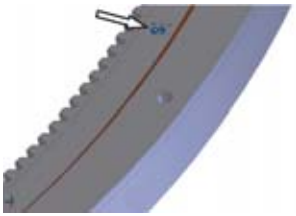
5.3.1 Härteschlupf an den Lagerringen

Der Härteschlupf entsteht bei der Laufbahnhärtung und liegt zwischen dem Ende und Anfang der Härtung. Der Härteschlupf stellt eine Zone verringerter Tragfähigkeit dar und muss bei der Positionierung der Drehverbindung (⇨ Kapitel 5.3.2 "Positionierung der Drehverbindung") besonders berücksichtigt werden.

Die Lage des Härteschlupfes ist auf den jeweiligen Lagerringen wie folgt definiert bzw. markiert:

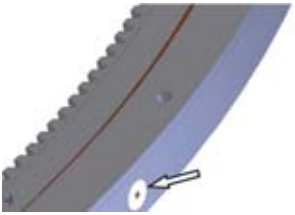
5.3.1.1 Bei Kugel-Drehverbindungen:

	Innenverzahnte Drehverbindung	Außenverzahnte Drehverbindung	Unverzahnte Drehverbindung
Innenring	S-Markierung	Füllstopfen	S-Markierung oder Füllstopfen
Außenring	Füllstopfen	S-Markierung	S-Markierung oder Füllstopfen



- S-Markierung:
  auf Kreisring- oder Mantelfläche des betreffenden Ringes eingeschlagen oder aufgespritzt als Buchstabe.

Abb. 20: S-Markierung



- Füllstopfen:
  Härteschlupf fällt mit dem Füllstopfen zusammen, keine weitere Markierung vorhanden.

Abb. 21: Füllstopfen

5.3.1.2 Bei Rollenlager und Bauformen ohne Füllstopfen

- Der Härteschlupf ist immer mit einer S-Markierung gekennzeichnet.

5.3.2 Positionierung der Drehverbindung

GEFAHR

Die Ermittlung der Hauptbelastungszone muss von Fachpersonal mit Zugang zu den analytischen Auswertungen durchgeführt werden. Entsprechende Vorgaben unbedingt beachten! Bei fehlenden Vorgaben unbedingt Rücksprache mit dem Customer Service (⇨ Seite 2) halten. Niemals eigenmächtig die Hauptbelastungszone ermitteln oder die Drehverbindung positionieren. Eine falsch positionierte Drehverbindung kann plötzlich versagen und zu schweren Personen- oder Sachschäden führen. Daher unbedingt die hier beschriebenen Schritte zur Positionierung beachten.

Beim Einbau der Drehverbindung ist darauf zu achten, dass die Funkenstrecke in ausreichendem Abstand zur Drehverbindung verbaut ist. Der Funkenschlag der Funkenstrecke darf die Drehverbindung nicht schädigen. Eine Leitung des Stroms durch die Drehverbindung ist nicht zulässig.

WICHTIG

Maßgeblich für die genaue Anordnung der Härteschlupfe sind die Vorgaben des Systemintegrators bzw. des Windenergieanlagenherstellers!

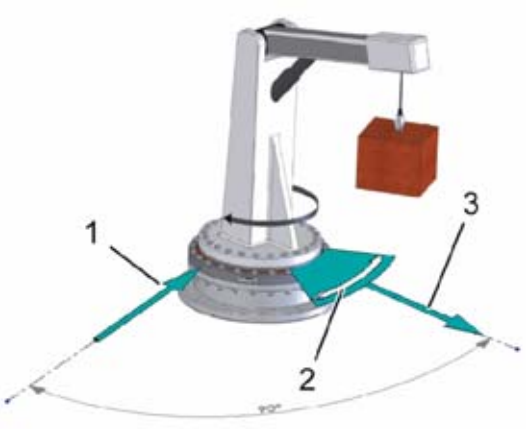


Abb. 22: Beispielbild für Hauptbelastungszone

VORSICHT! Der Härteschlupf (1) bzw. der Füllstopfen stellen in einer Drehverbindung eine Zone verringerter Tragfähigkeit dar und werden bei der Auslegung entsprechend berücksichtigt. Diese gekennzeichnete Stelle möglichst in eine Zone reduzierter Belastung legen.

Vorgehensweise:

1. Hauptbelastungszone (3) ermitteln.

Die Hauptbelastungszone ist der Bereich der Drehverbindung, welcher unter Berücksichtigung aller angreifenden Kräfte, Momente und Lastfälle am höchsten beansprucht wird.
Die Hauptbelastungszone (3) liegt normalerweise im Schwenkbereich (2).
Die Hauptbelastungszone bzw. die Lage des Härteschlupfes aus den Unterlagen des Systemintegrators entnehmen.
Bei Unklarheiten unbedingt Rücksprache mit dem Systemintegrator halten.

2. Den Härteschlupf nach den Vorgaben des Systemintegrators ausrichten
Der Härteschlupf (1) wird normalerweise 90° versetzt zur Hauptbelastungszone (3) angeordnet.

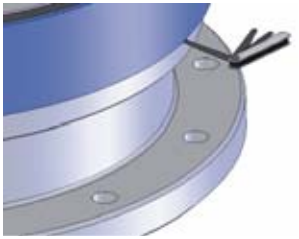
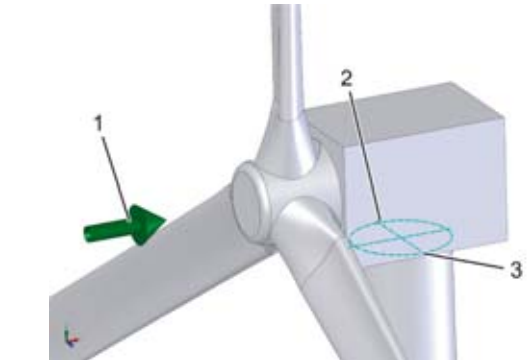


Abb. 23: Auflagefläche kontrollieren

3. Mit einer Fühlerlehre überprüfen, ob die Auflagefläche der Drehverbindung vollständig von der Anschlusskonstruktion unterstützt wird. Falls dies nicht der Fall ist, muss die Auflagefläche der Anschlusskonstruktion nachgearbeitet werden (⇨ Kapitel 5.2.3 "Ermittlung der Plan- und Winkelabweichung und der Verformung").

5.3.2.1 Beispielhafte Positionierung des Härteschlupfes bei Azimutlager in Windkraftanlagen



(1) Geodätische Hauptwindrichtung (Richtung maximaler Windgeschwindigkeit)
(2) Härteschlupf S – Ring am Azimut befestigt
(3) Härteschlupf S – Ring am Maschinenhaus befestigt

Abb. 24: Typische Lage des Härteschlupfes am Azimutlagers

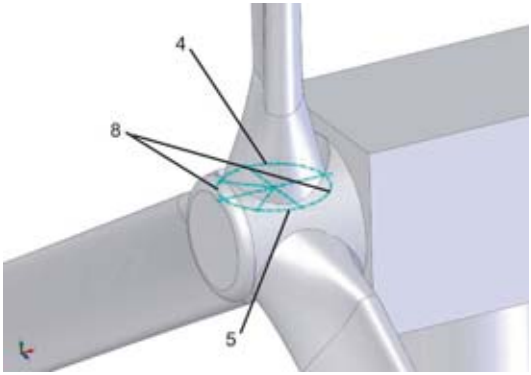


Abb. 25: Typische Lage des Härteschlupfes am Blattlager mit dem Blatt in Betriebsstellung

Blattlager mit Blatt in Betriebsstellung:
(4) Härteschlupf S – Ring am Blatt befestigt
(5) Härteschlupf S – Ring an der Nabe befestigt
(8) Hauptlastzone Kippmoment

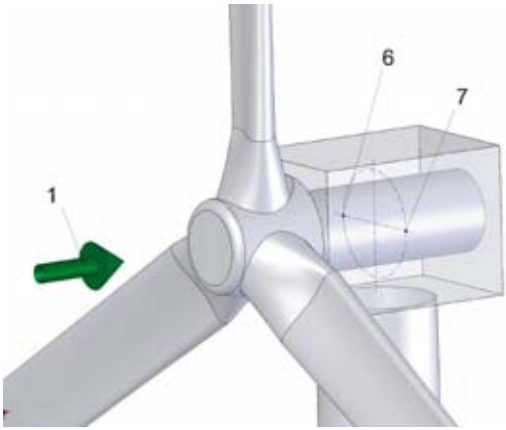


Abb. 26: Typische Lage des Härteschlupfes am Hauptlager

Hauptlager
(1) Geodätische Hauptwindrichtung (Richtung maximaler Windgeschwindigkeit)
(6) Härteschlupf S – Ring am Rotor befestigt
(7) Härteschlupf S – Ring am Maschinenhaus befestigt

5.3.3 Verschrauben der Drehverbindung

WICHTIG

Der Endkunde bzw. Betreiber muss darauf hingewiesen werden, welches Anziehverfahren verwendet wurde. Dieses Verfahren muss auch bei der Wartung zur Prüfung der Schraubenverbindung verwendet werden.

Die Befestigungsschrauben sind im Normalfall durch korrekte Montagevorspannung ausreichend gesichert.

Können die Vorgaben nicht erfüllt werden, wie z.B. Verwendung von Feingewinden oder andere Schraubenqualität etc, unbedingt Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).

Durch Reibwertstreuung ergibt sich typischerweise ein α_A = 1,7 somit ist eine kontrollierte Montage sinnvoll (vgl. VDI-2230 2003 Tabelle A8).

Für Befestigungsschrauben ab M30 bzw. 1 1/8 - 7 UNC empfehlen wir die Verwendung einer hydraulische Spannvorrichtung (⇨ Kapitel "Anziehen der Schrauben mit einer hydraulischen Spannvorrichtung").

⚠GEFAHR

Beim Einbau und der Befestigung der Drehverbindung in der Anlage müssen die Mantelflächen der Bohrungen dauerhaft gegen Korrosion geschützt werden.

⚠GEFAHR

Folgende Punkte sind zwingend zu beachten, andernfalls kommt es zum Versagen der Gesamtkonstruktion. Das Versagen der Gesamtkonstruktion kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen:

Abb. 27: Kein bis zum Kopf durchgehendes Gewinde verwenden

Schrauben:

- Anzahl, Größe, Qualität und Festigkeitsklasse nach IMO-Berechnung oder Katalog verwenden.
- Nur **neue** Schrauben mit der Qualitätsklasse 10.9 EN ISO 898 (metrisch) bzw. SAE Grade 8 verwenden
- **Keine gebrauchten** Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben verwenden
- Keine Federringe, Federscheiben etc. verwenden.
- Schrauben **ohne** durchgehendes Gewinde bis zum Kopf verwenden. Abb.26
- Zum Spannen der Schrauben einen Drehmomentschlüssel oder hydraulische Spannvorrichtung verwenden.
  Die Verwendung von **Schlagschraubern** ist verboten, da es zu unzulässigen Abweichungen zwischen den Schraubenspannkräften kommen kann.

⚠GEFAHR

Folgende Punkte sind zwingend zu beachten, andernfalls kommt es zum Versagen der Gesamtkonstruktion. Das Versagen der Gesamtkonstruktion kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen:

- Wenn die zulässige Grenzflächenpressung für verschiedene Werkstoffe (siehe *Tabelle 5*) überschritten wird, sind für 10.9 EN ISO 898 Schrauben Unterlegscheiben mit 300HV zu verwenden (siehe DIN EN ISO 7089). Falls der Werkstoff abweicht, bitte Rücksprache mit der Anwendungstechnik halten.

Werkstoff	Max. Flächenpressung	
	in N/mm²	in lbs/in²
S355/C45N	600	87023
46Cr4V/42CrMo4V	800	116030
X20Cr13	600	87023

Tabelle 5

ds = Schraubendurchmesser
lk = Klemmlänge
le = Einschraubtiefe

Abb. 28: Befestigungselement

- Die Schraubenlänge so wählen, dass die Mindesteinschraubtiefe erreicht wird, abhängig von der Zugfestigkeit der Anschlusskonstruktion (siehe *Tabelle 6*).

Zugfestigkeit R_m der Anschlusskonstruktion		Mindesteinschraubtiefe (le)
In N/mm²	in lbs/in²	Festigkeitsklasse 10.9 EN ISO 898 / Grade 8
< 500	< 72520	Anschlusskonstruktionen sind nicht zulässig
500 bis 700	72520 bis 101525	le = 1,4*ds
700 bis 900	101525 bis 130535	le = 1,1*ds
über 900	über 130535	le = 0,9*ds

Tabelle 6

- Das Klemmlängenverhältnis (Klemmlänge zu Durchmesser der Schraube) von mindestens ≥ 5 bis maximal ≤ 10 einhalten.

5.3.3.1 Vorgehensweise

WICHTIG

Zur Vermeidung von unzulässigen Abweichungen zwischen den Schraubenspannkräften, die nachfolgende Prozedur unbedingt einhalten:

- Die Befestigung der Drehverbindung erfolgt im unbelasteten Zustand.
- Zuerst den unverzahnten Lagerring, anschließend den verzahnten Lagerring befestigen!

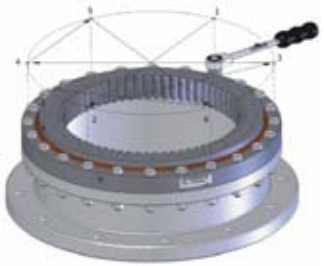


Abb. 29: Über-Kreuz-Anzug

1. Schraubengewinde im Bedarfsfall schmieren.
   Bei einer Schraubensicherung mit Klebstoff, Schraubengewinde nicht schmieren. (z.B. mit Anti-Seize Paste der Firma WEICON GmbH & Co. KG oder Micro-PE-Trockengleitfilm DF 977S der Firma Microgleit Spezialschmierstoffe GmbH).
2. Schrauben in einem "über-Kreuz-Muster" in 3 Schritten, nacheinander mit jeweils 30%, 80%, 100% der Anziehdrehmomente bzw. der hydraulisch eingebrachten Vorspannkraft, vorspannen (siehe Tabellen).
3. Dabei den unverschraubten Ring mehrfach drehen. Prozedur für den noch unverschraubten Lagerring wiederholen.

5.3.3.2 Anziehen der Schrauben mit einem Drehmomentschlüssel

Für die Berechnung des Anzugsmomentes in den Tabellen 7 bis 10 gilt:

- F_M und M_A nach VDI Richtlinie 2230 (Februar 2003) berechnet
- Kopfreibungszahl Schraube µK=0,09 bis 0,15
- Gewindereibungszahl Schraube µG=0,09 bis 0,15 (Schraube geschmiert)
- Kopfabmessung Sechskantschraube DIN EN ISO 4014
- Der Drehmomentschlüssel hat eine Montagegenauigkeit von kleiner ± 3%
- Ausnutzung der Streckgrenze von 90% der Schraube
- Zur Berechnung des Spannungsquerschnitts wurde das Mindestmaß der Flanken- und Kerndurchmesser berücksichtigt; Tabelle 7 & 8 nach Toleranzklasse 6g aus DIN 13-20 Tabelle 9 & 10 nach Toleranzklasse 2A aus ASME B1.1-2003
- Bei Drehmomentmontage von größeren Schrauben als M30 bzw. 1 ¼ UNC bitte Rücksprache mit Customer Service halten.

5.3.3.2.1 Anziehdrehmoment für Metrische Regelgewinde nach DIN 13 Festigkeitsklasse 10.9 EN ISO 898

Anziehdrehmoment M_A in Nm bei schrittweisem Anziehen

Befestigungs-schraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%	Minimale Montagevor-spannkraft $F_{M\ min}$	Maximale Montagevor-spannkraft $F_{M\ max}$
	Anziehdrehmoment M_A in Nm			in kN	in kN
M5	2	5	6,4	6,4	10,3
M6	3	9	11,2	9,1	14,6
M8	8	22	27,2	16,6	27,0
M10	16	43	53,8	26,4	43,1
M12	28	74	92,9	38,5	62,9
M14	45	119	149	53	87
M16	66	177	229	72	119
M18	96	256	320	89	145
M20	135	361	451	113	187
M22	184	492	615	140	233
M24	233	620	775	163	269
M27	341	910	1138	212	354
M30	465	1241	1551	259	431

Tabelle 7

Anziehdrehmoment M_A in ft-lbs bei schrittweisem Anziehen

Befestigungs-schraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%	Minimale Montagevor-spannkraft $F_{M\ min}$	Maximale Montagevor-spannkraft $F_{M\ max}$
	Anziehdrehmoment M_A in ft-lbs			in lbs	in lbs
M5	1	4	4,7	1439	2316
M6	2	7	8,3	2046	3282
M8	6	16	20,1	3732	6070
M10	12	32	39,7	5935	9689
M12	21	55	69	8655	14140
M14	33	88	110	11870	19446
M16	49	131	163	16231	26752
M18	71	189	236	19896	32665
M20	100	266	332	25381	41972
M22	136	363	453	31518	52403
M24	171	457	572	36576	60451
M27	252	671	839	47749	79515
M30	343	915	1144	58315	96870

Tabelle 8

5.3.3.2.2 Anziehdrehmoment für Zollgewinde nach ANSI B1.1 SAE Grade 8

Anziehdrehmoment M_A in Nm bei schrittweisem Anziehen

Befestigungs-schraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%	Minimale Montagevor-spannkraft $F_{M\,min}$	Maximale Montagevor-spannkraft $F_{M\,max}$
	Anziehdrehmoment M_A in Nm			in kN	in kN
1/4 – 20 UNC	3	8	9,7	9,1	14,1
5/16 – 18 UNC	6	16	20,4	15,1	23,8
3/8 – 16 UNC	11	28	35,1	22,3	35,4
7/16 – 14 UNC	17	44	55,4	30,7	48,8
1/2 – 13 UNC	32	84	105	40	66
5/8 –12 UNC	63	167	209	64	105
3/4 – 10 UNC	111	295	368	96	157
7/8 – 9 UNC	177	473	591	132	218
1 – 8 UNC	266	708	886	173	287
1 1/8 – 7 UNC	377	1005	1257	219	362
1 1/4 – 7 UNC	528	1409	1761	278	462

Tabelle 9

Anziehdrehmoment M_A in ft-lbs bei schrittweisem Anziehen

Befestigungs-schraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%	Minimale Montagevor-spannkraft $F_{M\,min}$	Maximale Montagevor-spannkraft $F_{M\,max}$
	Anziehdrehmoment M_A in ft-lbs			in lbs	in lbs
1/4 – 20 UNC	2	6	7,2	2046	3170
5/16 – 18 UNC	4	12	15,0	3395	5350
3/8 – 16 UNC	6	21	25,9	5013	7958
7/16 – 14 UNC	10	33	40,9	6902	10971
1/2 – 13 UNC	19	62	78	9060	14770
5/8 –12 UNC	37	123	154	14455	23695
3/4 – 10 UNC	65	217	272	21469	35362
7/8 – 9 UNC	105	349	436	29675	49053
1 – 8 UNC	157	523	653	38982	64498
1 1/8 – 7 UNC	222	741	927	49166	81268
1 1/4 – 7 UNC	312	1039	1299	62474	103907

Tabelle 10

5.3.3.3 Anziehen der Schrauben mit einer hydraulischen Spannvorrichtung

Die Betriebsanleitung der hydraulischen Spannvorrichtung beachten! In der Betriebsanleitung der hydraulischen Spannvorrichtung ist angegeben, wie der hydraulische Druck auf die Vorspannkraft umgerechnet wird.

⚠ GEFAHR	**Der vorgeschriebene hydraulische Druck darf beim Vorspannen der Schrauben nicht überschritten werden. Die Schraubenvorspannung darf 90% der Schrauben-Streckgrenze nicht überschreiten (siehe Tabellen).** **Eine Überschreitung kann zum Versagen der Schrauben-verbindung mit der Anschlusskonstruktion und infolgedessen zu schweren Personen- oder Sachschäden führen.**
WICHTIG	**Bei Verwendung von anderen Gewindeschrauben oder anderen Festigkeitsklassen unbedingt Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).**
Anmerkung zu Tabellen	■ Ausnutzung der Streckgrenze von 90% der Schraube ■ Zur Berechnung des Spannungsquerschnitts wurde das Mindestmaß der Flanken- und Kerndurchmesser berücksichtigt; Tabelle 11 & 12 nach Toleranzklasse 6g aus DIN 13-20 Tabelle 13 & 14 nach Toleranzklasse 2A aus ASME B1.1-2003 ■ Rückfederung ca. 10–20% entspricht α_a von ca. 1,2
Kontrolliertes Vorspannen der Schrauben	Bei 12.9 Schrauben: Spannvorrichtung eine Gewindegröße größer und Wechselbuchse mit passendem Gewinde benutzen, d.h. es muss der erhöhte Platzbedarf beim Verspannen berücksichtigt werden. Die Schrauben-Vorspannung kann bei der Montage durch die Messung der Schraubenlänge im eingebauten Zustand erfolgen. Geeignete Methoden hierfür sind: ■ Ultraschall-Prüfung ■ mechanische Messung (z.B. Bügelmessschraube) ■ spezielle Schrauben/Muttern

5.3.3.3.1 Montagevorspannkraft für Metrische Regelgewinde nach DIN 2510 Festigkeitsklasse 10.9 EN ISO 898

Montagevorspannkraft F_M in kN bei schrittweisem Anziehen

Befestigungsschraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%
	Montagevorspannkraft F_M [1)] in kN		
M24	85	227	284
M27	112	298	373
M30	137	364	455
M33	170	452	565
M36	200	533	666
M39	239	638	798
M42	275	734	917
M45	321	857	1071
M48	362	966	1207
M52	433	1155	1444
M56	500	1334	1668
M60	581	1550	1937
M64	660	1759	2199
M68	755	2012	2515

Tabelle 11

Montagevorspannkraft F_M in lbs bei schrittweisem Anziehen

Befestigungsschraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%
	Montagevorspannkraft F_M [1)] in lbs		
M24	19154	51077	63846
M27	25156	67083	83854
M30	30686	81830	102288
M33	38105	101614	127017
M36	44917	119778	149723
M39	53819	143518	179398
M42	61845	164920	206150
M45	72231	192616	240770
M48	81403	217076	271344
M52	97387	259699	324624
M56	112494	299985	374981
M60	130636	348364	435455
M64	148306	395484	494355
M68	169618	452316	565394

Tabelle 12

F_M für hydraulische Spannvorrichtung vorgespannt auf 90% der Streckgrenze

5.3.3.3.2 Montagevorspannkraft für Zollgewinde nach ANSI B1.1 SAE Grade 8

Montagevorspannkraft F_M in kN bei schrittweisem Anziehen

Befestigungsschraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%
	Montagevorspannkraft F_M [1] in kN		
1 – 8 UNC	93	248	310
1 1/8 – 7 UNC	117	312	390
1 1/4 – 7 UNC	149	398	497
1 3/8 – 6 UNC	178	474	592
1 1/2 – 6 UNC	216	577	721
1 3/4 – 5 UNC	293	780	975
2 – 4.5 UNC	385	1027	1284
2 1/4 – 4.5 UNC	501	1337	1671
2 1/2 – 4 UNC	617	1646	2058
2 3/4 – 4 UNC	763	2034	2542

Tabelle 13

Montagevorspannkraft F_M in lbs bei schrittweisem Anziehen

Befestigungsschraube Abmessung	Schritt 1 30%	Schritt 2 80%	Schritt 3 100%
	Montagevorspannkraft F_M [1] in lbs		
1 – 8 UNC	20907	55753	69691
1 1/8 – 7 UNC	26303	70140	87675
1 1/4 – 7 UNC	33519	89384	111730
1 3/8 – 6 UNC	39926	106470	133087
1 1/2 – 6 UNC	48626	129670	162087
1 3/4 – 5 UNC	65757	175351	219189
2 – 4.5 UNC	86596	230924	288655
2 1/4 – 4.5 UNC	112697	300525	375656
2 1/2 – 4 UNC	138797	370125	462657
2 3/4 – 4 UNC	171439	457171	571464

Tabelle 14

[1] F_M für hydraulische Spannvorrichtung vorgespannt auf 90% der Streckgrenze

5.3.4 Kippspielmessung

Das Kippspiel erhöht sich mit zunehmendem Verschleiß im Laufbahnsystem. Zur Bestimmung der Kippspielerhöhung muss eine Basismessung im eingebauten Zustand und vor der ersten Inbetriebnahme durchgeführt und dokumentiert werden. Nur so können Veränderungen festgestellt werden.

Für Windkraftanlagen gilt:

- Die Messung, wenn möglich, bei Windgeschwindigkeiten unter 4 m/s vornehmen.
- Windgeschwindigkeit dokumentieren.

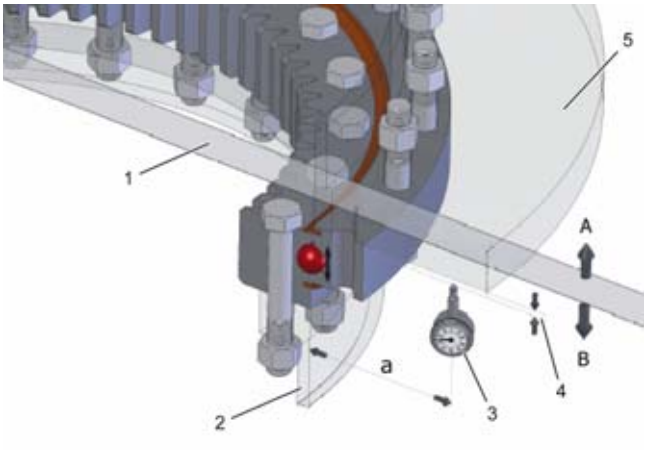


Abb. 30: Kippspielmessanordnung

1 Hauptlastrichtung A – B
2 Untere Anschlusskonstruktion
3 Messuhr
4 Kippspiel
5 Obere Anschlusskonstruktion

Vorgehensweise:

Kippspielmessung

1. Anlage ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
2. Den Messpunkt in Hauptlastrichtung an allen Lagerringen dauerhaft kennzeichnen.
3. Messuhr wie in Abb. 30 dargestellt, anbringen.
4. Definiertes Kippmoment, mind. 50% der max. Betriebsbelastung, in Richtung "A" aufbringen.
5. Messuhr auf Null stellen.
6. Definiertes Kippmoment, mind. 50% der max. Betriebsbelastung, in Richtung "B" aufbringen.

   ↳ Der angezeigte Messwert m1 entspricht dem vorhandenen Kippspiel und dient als Basiswert zum Vergleich für spätere Überprüfungen.
7. Alle Messwerte protokollieren und dokumentieren.

- Alle Überprüfungen zu einem späteren Zeitpunkt müssen am selben Messpunkt, mit gleichen Lasten, bei gleicher Position der Lagerringe zueinander und in der gleichen Reihenfolge durchgeführt werden.
- Bei reiner Axial- bzw. Radialbelastung die Kippspielüberprüfung durch Aufbringen einer zusätzlichen Kippbelastung durchführen.

5.3.4.1 Kippspielmessung bei 3 reihigen Rollendrehverbindungen

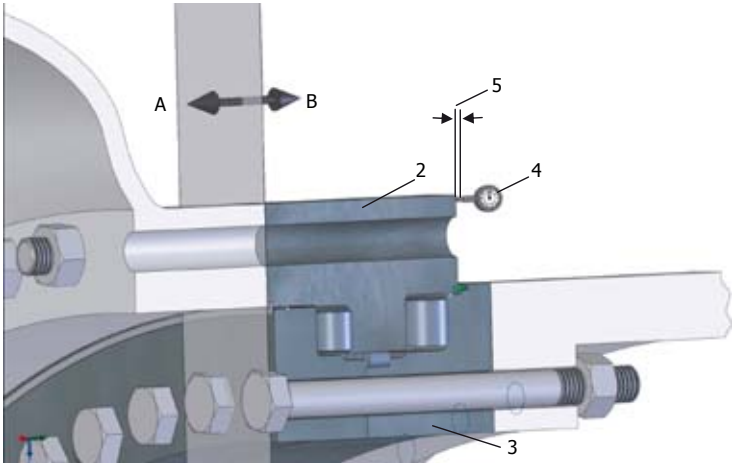


Abb 31: Kippspielmessung axial

1 Hauptlastrichtung A – B
2 Außenring Hauptlager
3 feststehender Innenring
4 Messuhr
5 Axialspiel

Vorgehensweise:

Kippspielmessung

1. Die Messung wie unter „Ermittlung des Kippspiels" beschrieben, vornehmen.

5.3.5 Radialspielmessung bei 3 reihigen Rollendrehverbindungen

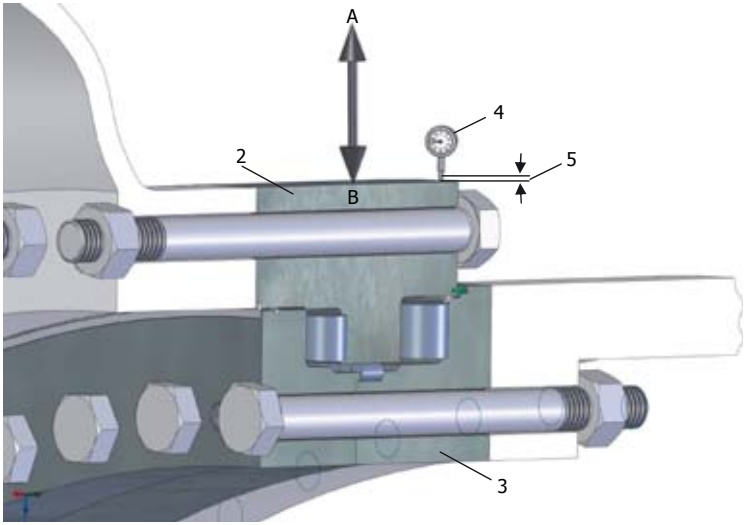


Abb 32: Radialspielmessung

1 Hauptlastrichtung A – B
2 Außenring
3 feststehender Innenring
4 Messuhr
5 radiales Spiel

Vorgehensweise:

Radialspielmessung

1. Anlage ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
2. Den Messpunkt in Hauptlastrichtung der Radiallast dauerhaft kennzeichnen.
3. Messuhr wie in Abb. 28 dargestellt, anbringen.
4. Definierte Radiallast in Richtung A aufbringen. Die vorhandene Radiallast muss dabei kompensiert sein.
5. Messuhr auf Null stellen.
6. Definierte Radialbelastung auf Null reduzieren (nur noch äußere Radiallast wirksam).
   Der angezeigte Messwert m1 entspricht dem vorhandenen Radialspiel und dient als Basiswert zum Vergleich für spätere Überprüfungen.

- Die so ermittelten Werte können durch die Einfederung der Laufbahnsysteme und der Anschlusskonstruktion von den Spielangaben in der Zeichnung abweichen und dienen als Referenzwert für die vorgegebene Einbausituation.

5.3.6 Ermittlung des Setzbetrages

WICHTIG

Messung des Setzbetrages nur bei vorwiegend axial belasteten Drehverbindungen zulässig.
$M_{Kmax} < D_L / 4000 * F_{ax}$
Bei Rückfragen wenden Sie sich an die Anwendungstechnik.

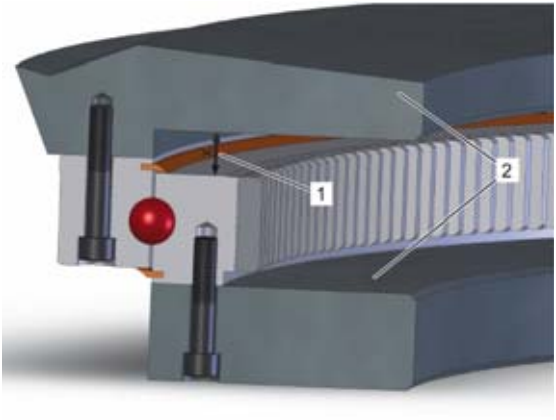


Abb. 33: Messpunkte zur Setzbetragsermittlung

1 Messpunkte zur Setzbetragsermittlung
2 Anschlusskonstruktionen

Vorgehensweise:

Setzbetragsermittlung

- Das Lager wird vor dem Einbau in den X-Ebenen (⇨ Abb. 27) A-A, B-B, C-C, D-D mit Markierungen am Innen- und Außenring versehen.

Die Art und die Platzierung der Markierungen so wählen, dass sie in montiertem Zustand wieder auffindbar und zugänglich sind. Füllstopfen und Härteschlupf müssen mittig zwischen zwei Markierungsebenen stehen.

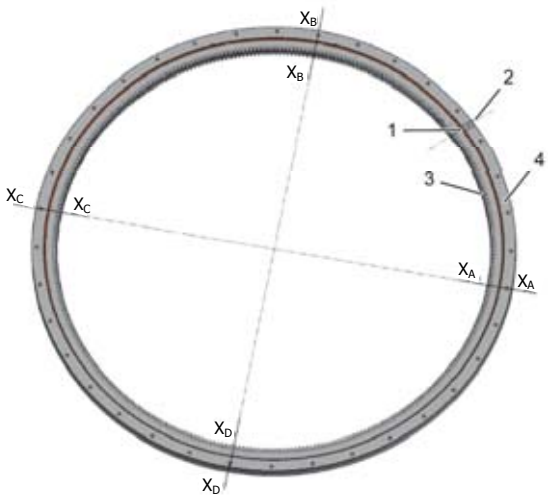


Abb. 34: Markierung der Drehverbindung

1 Härteschlupf
2 Füllstopfen
3 Verzahnter Innenring
4 Unverzahnter Außenring

- Die Grundmessung erfolgt nach Einbau und dem Anbau aller Anschlusskomponenten vor der endgültigen Inbetriebnahme der Anlage.
- Alle Messwerte protokollieren und dokumentieren.
- Die Messung direkt am Lager durchführen, sofern es die Einbausituation erlaubt.
- Die Messpunkte liegen in den vier Markierungsebenen, wobei die Markierungen von Innen- und Außenring übereinstimmen müssen.
- Nach der Grundmessung liegen die vier Werte X_{AG} bis X_{DG} vor (siehe auch Kapitel 6.4.2 „Überprüfung des Kippspieles und Setzbetrages").

Werden Drehverbindungen überwiegend radial oder ausschließlich radial belastet, Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).

5.3.6.1 Ermittlung des Setzbetrags bei Azimutlager von Windkraftanlagen

- Der Rotor muss in Windrichtung stehen. Die Grundmessung erfolgt nach Einbau und dem Anbau aller Anschluss-komponenten vor der endgültigen Inbetriebnahme der Anlage.
- Alle Messwerte einschließlich der Windgeschwindigkeit protokollieren und dokumentieren.

- Die Messung direkt am Lager durchführen, sofern es die Einbausituation erlaubt.
- Die Messpunkte liegen in den vier Markierungsebenen, wobei die Markierungen von Innen- und Außenring übereinstimmen müssen.
- Nach der Grundmessung liegen die vier Werte X_{AG} bis X_{DG} vor (siehe auch Kapitel 6.4.2 "Überprüfung des Kippspieles und Setzbetrages").

5.3.7 Einstellung des Verdrehflankenspieles

Bei verzahnten Drehverbindungen und Zahnkränzen muss bei der Montage das Verdrehflankenspiel zwischen Drehverbindung und Ritzel bzw. Zahnring und Ritzel eingestellt werden.

Abb. 35: Grüne Markierung

1. An der grün markierten Stelle (engste Stelle der Verzahnung) das Verdrehflankenspiel auf den vorgegebenen Sollwert einstellen.

- Der Sollwert δ_f in mm beträgt:
  δ_f = 0,03 bis 0,04 x m
  m = Modul in mm (aus Zeichnung entnehmen)
- Der Sollwert δ_f in inch beträgt:
  δ_f = 0,03 bis 0,04 x $1/P_d$
  P_d = diametral Pitch in 1/inch (aus Zeichnung entnehmen)

WICHTIG! Der vorgegebene Sollwert darf weder über- noch unterschritten werden. Eine Nichteinhaltung kann zu Schäden an der Drehverbindung führen.

- Bei segmentgehärteten Verzahnungen oder einer Segmentverzahnung muss auf die richtige Position geachtet werden.

Abb. 36: Verdrehflankenspiel mit Fühlerlehre prüfen

2. Zur Kontrolle das Verdrehflankenspiel mit einer Fühlerlehre ermitteln.
- Werden Abweichungen zu den vorgegebenen Werten an der engsten Stelle festgestellt, muss der Achsabstand durch Verschieben des Ritzels korrigiert werden.
- Bei unverschiebbarem Ritzel alternativ den Achsabstand durch Lösen, Verschieben und neu Befestigen der Drehverbindung korrigieren. Ist dies auch nicht möglich, z. B. aufgrund vorhandener Zentrierungen, Montage unterbrechen und unbedingt Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).

3. Abschließend die Drehverbindung im gesamten Stellbereich bewegen. Dabei darauf achten, dass keine Engstellen vorhanden sind.

Je nach Rundlauf der Zahnräder, den Einbautoleranzen, den Verzahnungsabmaßen usw., können an der weitesten Stelle der Zahnradpaarung deutlich größere Verdrehflankenspielwerte auftreten.

Beim Ritzel darauf achten, dass der Modul und Eingriffswinkel dem der Drehverbindung entspricht. Entsprechende Angaben befinden sich auf den betreffenden Zeichnungen.

Installation und Erstinbetriebnahme

Bei Drehverbindungen bzw. Zahnkränzen, bei denen die Verzahnung nur in einem Segment gehärtet ist, darauf achten, dass die belasteten Zähne immer im Bereich des gehärteten Segments liegen. Die Einstellung des Verdrehflankenspieles erfolgt auch in diesem Fall an der grünen Markierung.

WARNUNG! Bei Drehverbindungen, bei denen die Verzahnung nur in einem Segment geschnitten ist, muss darauf geachtet werden, dass Endanschläge vorhanden sind, damit das Ritzel niemals in den unverzahnten Bereich hineinläuft. Es besteht extreme Bruchgefahr. Unsachgemäße Installation und Erstinbetriebnahme kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen.

Empfohlene Zahnflankenspiele [mm] im Bereich der engsten Stelle:

Modul in mm	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,12-0,16	0,15-0,20	0,18-0,24	0,24-0,32	0,30-0,40
Modul in mm	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,36-0,48	0,42-0,56	0,48-0,64	0,54-0,72	0,60-0,80
Modul in mm	**22**	**24**	**25**	**28**	**30**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,66-0,88	0,72-0,96	0,75-1,00	0,84-1,12	0,90-1,20

Tabelle 15

Empfohlene Zahnflankenspiele [inch] im Bereich der engsten Stelle:

Modul in mm	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,0047-0,0063	0,0059-0,0079	0,0071-0,0094	0,0094-0,0126	0,0118-0,0157
Modul in mm	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,0142-0,0189	0,0165-0,0220	0,0189-0,0252	0,0213-0,0283	0,0236-0,0315
Modul in mm	**22**	**24**	**25**	**28**	**30**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,0260-0,0346	0,0283-0,0378	0,0295-0,0394	0,0331-0,0441	0,0354-0,0472

Tabelle 16

Empfohlene Zahnflankenspiele [inch] im Bereich der engsten Stelle:

Diametral Pitch in 1/in	**5**	**4**	**3,5**	**3**	**2,5**	**2**	**1,75**	**1,5**	**1**
Zul. Zahnflankenspiel δ_f	0,006-0,008	0,008-0,010	0,009-0,011	0,010-0,013	0,012-0,016	0,015-0,020	0,017-0,023	0,020-0,026	0,03-0,04

Tabelle 17

VORSICHT! Bei Verzahnungen, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2). Zu kleines Verdrehflankenspiel führt zu Zwangskräften (Bruchgefahr), vorzeitigem Verschleiß der Verzahnung und kann den Ritzelantrieb schädigen. Sehr großes Verdrehflankenspiel kann zu Schwingungen, Vibrationen und Schäden an den Zahnflanken führen!

5.4 Funktionstest

Die Drehverbindung bzw. der Zahnkranz muss sich gleichmäßig drehen. Abweichungen in der Anschlusskonstruktion sowie der Einfluss äußerer Belastungen können den Drehwiderstand stark beeinflussen.

- Die montierte Drehverbindung im gesamten Stellbereich einige Male bewegen. Überprüfen, ob die Drehverbindung gleichmäßig und Ruck frei läuft.
- Nach dem Funktionstest die Anziehdrehmomente der Befestigungsschrauben überprüfen.

Für Windkraftanlagen gilt:

- Hauptlager sind in den ersten 3 Monaten einem Einlaufprozess unterworfen. In dieser Zeit ist die Lagertemperatur zu dokumentieren. Erfahrungsgemäß stellt sich bei Hauptlagern in der Einlaufphase ein etwas höheres Temperaturniveau ein. Sollte die Lagertemperatur in dieser Phase auf über 80° C ansteigen, bitte unbedingt Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).
- Werden Hauptlager in Montage- oder Testvorrichtungen einem Testlauf unterzogen, ist darauf zu achten, dass die Dichtungen ausreichend geschmiert werden. Bei Bedarf ist hier entsprechend der Bereich der Dichtungsanlaufflächen manuell zu befetten.

6 Wartung

6.1 Sicherheit

⚠GEFAHR

Vor Beginn der Arbeiten alle Energieversorgungen abschalten und gegen Wiedereinschalten sichern. Bei Wartungsarbeiten besteht die Gefahr, dass die Energieversorgung unbefugt eingeschaltet wird. Dadurch besteht Lebensgefahr für die Personen im Gefahrenbereich.

⚠WARNUNG

Vor Beginn der Arbeiten für ausreichende Montagefreiheit sorgen. Auf Ordnung und Sauberkeit am Montageplatz achten! Lose aufeinander- oder umher liegende Bauteile und Werkzeuge sind Unfallquellen. Wenn Bauteile entfernt wurden, auf richtige Montage achten, alle Befestigungselemente wieder einbauen und Schrauben-Anziehdrehmomente einhalten. Unsachgemäße Wartung kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen.

Personal

- Die Wartungs- und Inspektionsarbeiten dürfen nur von qualifiziertem Fachpersonal ausgeführt werden.

Persönliche Schutzausrüstung

Folgende Schutzausrüstung bei allen Wartungsarbeiten tragen:

- Arbeitsschutzkleidung
- Schutzhandschuhe
- Sicherheitsschuhe

Umweltschutz

Folgende Hinweise zum Umweltschutz bei den Wartungsarbeiten beachten:

- An allen Schmierstellen, die von Hand mit Schmierstoff versorgt werden, das austretende, verbrauchte oder überschüssige Fett entfernen und nach den gültigen örtlichen Bestimmungen entsorgen.
- Ausgetauschte Öle in geeigneten Behältern auffangen und nach den gültigen örtlichen Bestimmungen entsorgen.

6.2 Wartung von Drehverbindungen

- Alle Wartungen sind durch qualifiziertes Personal durchzuführen.
- Prinzipiell müssen alle Wartungsarbeiten protokolliert werden.
- In den nachstehenden Abschnitten sind die Wartungsarbeiten beschrieben, die für einen optimalen und störungsfreien Betrieb erforderlich sind.
- Bei Fragen zu Wartungsarbeiten und -intervallen steht unser Customer Service zur Verfügung (⇨ Seite 2).

6.2.1 Nachschmierintervalle

⚠GEFAHR

Unzureichende Schmierung kann die Funktionsfähigkeit und die Gebrauchsdauer der Drehverbindung stark einschränken und im Extremfall zum Funktionsausfall führen.

- Hauptursache für den Ausfall von Drehverbindungen ist eine nicht ausreichende Schmierung!
- Die Nachschmierintervalle hängen im Wesentlichen von den vorhandenen Arbeits- und Umweltbedingungen sowie der Ausführung der Drehverbindung ab.

WICHTIG

Falls IMO genauere Angaben zur Wartung macht, sind die genaueren Angaben gültig!

Drehverbindungen sind generell nachzuschmieren:

- Bei der Inbetriebnahme.
- Nach jeder Reinigung, z. B. Abspritzen mit Wasser, Waschanlage usw.
- vor und nach längeren Stillstandzeiten, z. B. bei Kranen und Baumaschinen während der Wintermonate.

Tabelle 18 Anhaltswerte für Nachschmierintervalle ist für folgende Bedingungen gültg:

- Betriebstemperatur an der Drehverbindung im Bereich von -25° C bis 70° C (-13° F bis 158° F)
- Umfangsgeschwindigkeit im zulässigen Bereich
- niedrige bis mittlere Belastung

WICHTIG

- Wenn eine erhöhte Abnutzung erkennbar ist, sind die Wartungsintervalle zu verkürzen.
- Exakte Nachschmierintervalle können nur durch Tests unter Einsatzbedingungen ermittelt werden.
- Wenn trockenes oder hartes Fett austritt, sind unbedingt die Schmierintervalle zu verkürzen!

Arbeitsbedingungen	Schmierintervalle
Trockene und saubere Werkshalle (Drehtische/Roboter usw.)	Ca. alle 300 Betriebsstunden, mindestens jedoch alle 6 Monate
Schwierige Bedingungen in offenem Gelände (Krane/Bagger usw.)	Alle 100 bis 200 Betriebsstunden, mindestens jedoch alle 4 Monate
Aggressive klimatische Bedingungen See-/Wüsten-/ Arktisklima/sehr verschmutzte Umgebung/ ≥ 70 Betriebsstunden pro Woche	Alle 50 Betriebsstunden, mindestens jedoch alle 2 Monate
Extreme Bedingungen, Dauerbetrieb (Tunnelvortriebsmaschinen/Stahlwerke)	Kontinuierliche Schmierung (durch Zentralschmierung oder Schmierbüchsen)

Tabelle 18 Anhaltswerte für Nachschmierintervalle

6.3 Wartungsplan für Drehverbindungen

Intervall	Wartungsarbeit
wöchentlich	Sichtprüfung der Befettung von Drehverbindung und Verzahnung
	Dichtung prüfen
nach Erstinbetriebnahme 1000 Betriebsstunden ODER 2 Monate	Prüfen der Schraubenvorspannung und bei Bedarf nachziehen
	Kippspiel und Setzbetrag prüfen und dokumentieren
Nach Tabelle 18	Drehverbindung und Verzahnung abschmieren
	Prüfen der Schraubenvorspannung und bei Bedarf nachziehen
	Kippspiel und Setzbetrag prüfen
	Fettsammelbehälter überprüfen und ggf. austauschen

Tabelle 19

6.4 Wartungsplan für Hauptlager von Windkraftanlagen

Intervall	Wartungsarbeit
wöchentlich	Hauptlager mit Zentralschmieranlage befetten
in den ersten 3 Monaten wöchentlich	Lagertemperatur überprüfen und dokumentieren
	Zu- und Abgeführte Fettmenge dokumentieren Fettauslassbohrungen auf Durchgängigkeit prüfen
3 Monate nach Erstinbetriebnahme	Schraubenvorspannung prüfen und bei Bedarf nachziehen
	Kippspiel und Setzbetrag prüfen oder über Monitoring System aufnehmen
alle 3 Monate	bei manueller Nachfettung: Hauptlager befetten
alle 6 Monate	Fettsammelbehälter überprüfen und ggf. austauschen
	Fettauslassbohrungen reinigen
	Dichtung prüfen
alle 12 Monate	Schraubenvorspannung prüfen und bei Bedarf nachziehen
	Kippspiel und Setzbetrag prüfen
	Fettproben entnehmen und lagern

Tabelle 20

6.5 Reinigung

WICHTIG

Kaltlösungsmittel (z. B. Waschbenzin, Dieselöl) verwenden, die den Dichtungswerkstoff nicht angreifen. Reinigungsmittel darf nicht in die Drehverbindung eindringen. Reinigen der Drehverbindung mittels Hochdruckreiniger ist verboten. Ungeeignete Reinigungsmittel beschädigen die Dichtung und können Lagerschäden verursachen.

Folgende zusätzliche Schutzausrüstung bei Reinigungsarbeiten tragen:

Gesichtsschutz
zum Schutz der Augen und des Gesichts vor Lösungsmitteln.

Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe
zum Schutz der Hände vor aggressiven Substanzen.
Vor Gebrauch Schutzhandschuhe auf Dichtigkeit prüfen. Vor dem Ausziehen reinigen, anschließend gut belüftet aufbewahren.

- Bei Verwendung von Reinigungsmitteln für ausreichend Belüftung sorgen.
- Altfett, Staub und groben Schmutz mit fusselfreiem Lappen entfernen.

6.6 Schraubenvorspannung

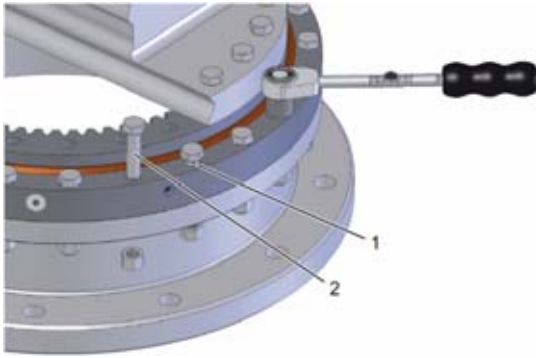


Abb. 37: Überprüfung der Befestigungsschrauben

1 Gelockerte Schraube
2 Gelöste Schraube

Ausführung nur durch eine Fachkraft.

- Benötigtes Sonderwerkzeug:
  - Drehmomentschlüssel
  - Hydraulische Spannvorrichtung
- Nach extremen Belastungen (Stürmen) die Schrauben gesondert prüfen.
- Lockere und gelöste Schrauben bzw. Muttern und Unterlegscheiben durch neue ersetzen.
- Gleiche Schraubengröße und Schraubenqualität verwenden.

Grundsätzlich bei der Überprüfung der Schraubenverbindung gleiche Anziehverfahren wie beim Einbau der Drehverbindung einhalten. Wurde zum Anziehen der Schrauben eine hydraulische Spannvorrichtung verwendet, muss auch zur Überprüfung der Schraubenvorspannung eine hydraulische Vorspannvorrichtung verwendet werden.

6.7 Überprüfung des Kippspieles und Setzbetrages

Kippspiel

Der beim Einbau ermittelte Messwert m1 dient als Basiswert (siehe Kapitel „Ermittlung des Kippspieles“).

- Den Wert m_x der Überprüfungsmessung wie in Kapitel „Ermittlung des Kippspieles“ beschrieben, ermitteln.
- Basiswert m1 vom Wert m_x der Überprüfungsmessung abziehen:
  $\delta_k = m_x - m1 \leq 2 * S_{n_zul}$
  S_{n_zul} = siehe Tab. 19

WICHTIG! **Der angegebene Wert für die Kippspielerhöhung darf nicht überschritten werden.**

VORSICHT! Wenn die maximal zulässige Kippspielerhöhung erreicht ist, muss die Anlage stillgelegt und die Drehverbindung umgehend ausgetauscht werden, da ein sicherer Betrieb nicht mehr gewährleistet werden kann.

Setzbetrag

Die beim Einbau ermittelten Messwerte X_{AG} bis X_{DG} dienen als Basiswerte (siehe Kapitel „Ermittlung des Setzbetrages").

- Den Setzbetrag wie in Kapitel „Ermittlung des Setzbetrages" beschrieben, ermitteln.

WICHTIG! **Der angegebene Wert für den Setzbetrag darf nicht überschritten werden.**

Basiswerte	X_{AG}	X_{BG}	X_{CG}	X_{DG}
Minus Verschleißmessung	$X_{A1...n}$	$X_{B1...n}$	$X_{C1...n}$	$X_{D1...n}$
= Setzbetrag	$S_{A1...n}$	$S_{B1...n}$	$S_{C1...n}$	$S_{D1...n}$

Setzbetrag: Differenz zwischen dem Messwert der Grundmessung und dem aktuell ermittelten Messwert an den Stellen A bis D.

X_{AG} bis X_{DG}: Werte der Grundmessung

$X_{A1...n}$ bis $X_{D1...n}$: aktuelle Messwerte

$S_n = X_G - X_n < S_{n_zul}$: Setzbetrag an Position A bis D

Das maximal zulässige Ausbauspiel ist von vielen Einflussfaktoren abhängig und muss für die jeweilige Anlage individuell festgelegt werden. Als obere Grenzwerte, bei denen die Drehverbindung in jedem Fall auszutauschen ist, gelten die Werte in den nachfolgenden Tabellen.

Zulässiger Setzbetrag

Wälzkörperdurchmesser dw [mm]	**12**	**16**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**60**	**70**	**80**	**100**
Kugel Ausbauspiel S_{n_zul} [mm]	0,51	0,58	0,65	0,74	0,86	1,00	1,09	1,17	1,35	1,52	1,70	2,05
Kugel Ausbauspiel S_{n_zul} [inch]	0,0201	0,0228	0,0256	0,0291	0,0339	0,0394	0,0429	0,0461	0,0531	0,0598	0,0669	0,0807
Rolle Ausbauspiel S_{n_zul} [mm]	0,09	0,12	0,16	0,20	0,26	0,32	0,37	0,41	0,49	0,58	0,66	0,83
Rolle Ausbauspiel S_{n_zul} [inch]	0,0035	0,0047	0,0063	0,0079	0,0102	0,0126	0,0146	0,0161	0,0193	0,0228	0,0260	0,0327

Tabelle 21

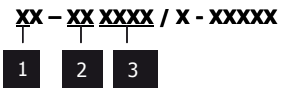


Abb. 38: Zeichnungsnummer

Die Lagerbauform (1), die Größe des Wälzkörperdurchmessers dw (2) und des Laufkreisdurchmessers D_L (3) ist in der Zeichnungsnummer enthalten und kann den Begleitdokumenten oder dem Typenschild entnommen werden. Die Ziffern 1 und 4 stehen bei der Lagerbauform (1) für ein Kugellager, die Ziffer 3 für ein Rollenlager. Alle Angaben in der Zeichnungsnummer sind metrisch in [mm].

6.8 Nachschmieren der Drehverbindung

⚠GEFAHR

Unzureichende Schmierung kann die Funktionsfähigkeit und die Gebrauchsdauer der Drehverbindung stark einschränken und im Extremfall zum Funktionsausfall führen.

⚠WARNUNG

Befolgen Sie bitte immer die Anweisungen des Schmiermittelherstellers und beachten Sie die geltenden Sicherheitsanweisungen bei Verwendung von Schmiermitteln.

- Mit einem automatischen Nachschmiersystem für das Laufbahnsystem und die Verzahnung lässt sich die Nachschmierung erheblich vereinfachen. Die Funktionssicherheit sowie das Verschleißverhalten werden verbessert.
- Bitte beachten, dass die Leitungen bei Inbetriebnahme mit Fett gefüllt sind und die Vorratsbehälter regelmäßig mit Fett aufgefüllt werden.
- Drehverbindungen nach jeder Reinigung und nach längeren Stillstandszeiten nachschmieren. Während der Stillstandszeit, wenn möglich, alle Drehverbindungen einmal täglich bewegen.

Vorgehensweise bei der Nachschmierung

1. Über alle vorgesehenen Schmierbohrungen Fett gleichmäßig zuführen.
2. Alle vorgesehenen Fettauslassbohrungen verwenden. Diese bei Inbetriebnahme und alle 6 Monate reinigen um den Fettaustritt widerstandslos zu gewährleisten.
3. Möglichst kurze Leitungen mit großem Querschnitt verwenden.
4. Bei Verwendung von Sammelbehältern Kapitel 6.8.2 beachten.

6.8.1 Schmierstoffe (Fette)

Die Auswahl des Schmierstoffs ist abhängig von der Belastung, Einsatzbedingung, Drehzahl und Verfügbarkeit des Schmierstoffs. Die in der Tabelle aufgeführten Fette sind von IMO auf Verträglichkeit mit IMO Dichtungen und Distanzstücken geprüft und freigegeben. Diese Liste wird bei Bedarf aktualisiert. Sie finden die aktuelle Liste im Downloadbereich unter www.imo.de.

WICHTIG

- Es darf nur frischer Schmierstoff zum Nachschmieren benutzt werden.
- Der Schmierstoff für die Laufbahn und Verzahnung wird vom Anlagenhersteller vorgeschrieben und ist in der Auftragszeichnung oder auf dem Typenschild der Drehverbindung angegeben.
  Falls keine Angaben auf der Auftragszeichnung oder dem Typenschild zum Schmierstoff vorhanden sind, ist die Drehverbindung mit einem Schmierstoff der Kennzeichnung KP2K-30 nach DIN 51502 befüllt. Vergleichsschmierstoffe siehe Tabelle 22.
  Grundsätzlich ist die Förderbarkeit des Schmierstoffes mit dem Hersteller der Zentralschmieranlagen abzustimmen.
- Abweichungen davon müssen vom Anlagenhersteller und IMO freigegeben werden. Im Zweifel Rücksprache mit dem Customer Service halten (⇨ Seite 2).
- **Die Verwendung falscher Schmierstoffe führt zum Erlöschen der Gewährleistung und kann zu Schäden an der Drehverbindung führen!**

Schmierstoffe für das Laufbahnsystem als Ersatz für den IMO Standardschmierstoff

Hersteller	Produktname	Gebrauchstemperatur laut Hersteller in °C	Gebrauchstemperatur laut Hersteller in °F
Aral	Aralub HLP 2	-30° C bis +130° C	-22° F bis 266° F
Bechem	High-Lub L 2 EP	-20° C bis +120° C	-4° F bis 248° F
BP	Energrease LS-EP 2	-25° C bis +130° C	-13° F bis 266° F
Dow Corning	Molycote Longterm 2 Plus	-25° C bis +110° C	-13° F bis 230° C
Fuchs Lubritech	Gleitmo 585 K	-45° C bis +130° C	-49° F bis 266° F
Fuchs Lubritech	Stabyl EOS E2	-40° C bis +130° C	-40° F bis 266° F
Fuchs Lubritech	Stabyl LT 50	-50° C bis +130° C	-58° F bis 266° F
Klüber	Centoplex 2 EP	-20° C bis +130° C	-4° F bis 266° F
Mobil	Mobil SHC 460 WT	-30° C bis +130° C	-22° F bis 266° F
Rhenus	Norlith LZN 2	-30° C bis +130° C	-22° F bis 266° F

Tabelle 22

Schmierstoffe für die Verzahnung

Hersteller	Produktname	Gebrauchstemperatur laut Hersteller in °C	Gebrauchstemperatur laut Hersteller in °F
Aral	Aralub LFZ 1	-30° C bis +130° C	-22° F bis 266° F
Bechem	Berulit GA 400	-20° C bis +120° C	-4° F bis 248° F
BP	Energol WRL	-20° C bis +120° C	-4° F bis 248° F
Fuchs Lubritech	Stabyl EOS E2	-40° C bis +130° C	-40° F bis 266° F
Klüber	Grafloson CA 908	-20° C bis +180° C	-4° F bis 356° F
Klüber	Klüberplex AG 11-462	-40° C bis +150° C	-40° F bis 302° F
Manke	Voler Compound 2000E	-30° C bis +120° C	-22° F bis 248° F
Rhenus	Norplex AKG 0	-20° C bis +200° C	-4° F bis 392° F

Tabelle 23

6.8.2 Fettsammelbehälter (Auffangflaschen)

WICHTIG

Falls **kein Fett** in die Sammelbehälter **austritt** oder bei **Austritt von trocknem oder hartem Fett**:
- **Umgehend** die Austrittsöffnungen säubern
- Die gesamte Schmieranlage auf Funktion prüfen

- Sammelbehälter alle 6 Monate auf Füllgrad kontrollieren, ggf. wechseln.
- Sammelbehälter müssen eine Entlüftung aufweisen.
- Wartungsarbeiten dokumentieren (Fettmenge pro Behälter, Durchgängigkeit der Fettauslassbohrungen, usw.)
- Andernfalls das austretende Fett von der Auslassseite der Dichtung im Zuge der Wartungsarbeiten entfernen (nur bei Drehverbindungen mit einseitig öffnender Dichtung).
- Die Sammelbehälter müssen ab einen Füllstand von 50% ersetzt werden.
- Falls Sammelbehälter leer bleiben, die Fettauslassbohrungen säubern und auf Durchgang prüfen. Funktion der kompletten Schmieranlage überprüfen. Stellen Sie sicher, dass die geforderte Menge Schmiermittel ins Lager gelangt und wieder entweichen kann.

In den Sammelbehältern darf sich nur Fett aus der Anlage befinden.

6.8.3 Manuelles Nachschmieren der Laufbahn

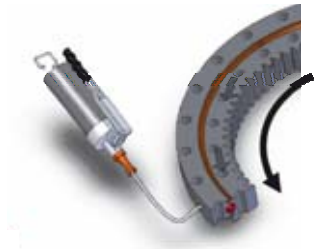


Abb. 39: Durchdrehen beim Abschmieren

- Schmierstoff nacheinander in alle Schmiernippel bei gleichzeitigem Durchdrehen der Drehverbindung drücken, bis sich ein durchgehender Fettkragen aus neuem Fett unter mindestens einer Dichtung bildet.
- Sicherstellen, dass altes Fett ungehindert austreten kann.
- Lagerringe während des Nachfettens zueinander drehen. Unfallverhütungsvorschriften dabei beachten.

Abb. 40: Fettkragen beim Abschmieren

6.8.4 Nachschmierung bei Drehverbindungen für Windkraftanlagen

WICHTIG

Für Hauptlager ist eine Zentralschmierung mit integrierter Leermeldung Pflicht!
Bei Leermeldung oder Fehlermeldung muss die Anlage selbstständig abschalten.

Ist keine Nachschmiermenge anlagenseitig vorgegeben, kann man die wöchentliche Nachschmiermenge m_{lb} für das Laufbahnsystem von Blatt- und Azimutlagern nach folgender Gleichung ermitteln:

$$m_{lb} = \frac{D_L * d_w^2}{150000} \left[\frac{Gramm}{Woche}\right]$$

Für die Verzahnung ergibt sich eine wöchentliche Nachschmiermenge m_{vz}:

$$m_{vz} = \frac{m * z * b}{5000} \left[\frac{Gramm}{Woche}\right]$$

mit:

D_L = Laufkreisdurchmesser der Wälzkörper in mm

d_w = Wälzkörperdurchmesser in mm

m = Modul in mm

z = Zähnezahl der Drehverbindung bzw. des Zahnkranzes

b = Verzahnungsbreite in mm

Auf Wunsch berechnet IMO die erforderlichen Nachschmiermengen. Bitte kontaktieren Sie hierzu unseren Customer Service (⇨ Seite 2).

Bei manueller Nachschmierung mindestens nach 3 Monaten nachschmieren. Dabei jeweils die 15-fache Menge von m_{lb} und m_{vz} verwenden.

6.8.5 Manuelles Nachschmieren der Verzahnung

Abb. 41: Befetten der Verzahnung

Sicherstellen, dass keine Fremdpartikel in die Verzahnung gelangen können.

Zur Vermeidung von übermäßigem Verschleiß und Geräuschen muss die Verzahnung ausreichend mit Fett versorgt werden. Die erforderliche Menge hängt stark vom verwendeten Schmiersystem ab.

Vorgehensweise:

1) Gerät ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
2) Überschüssiges und verbrauchtes Fett entfernen.
3) Das Frischfett nahe am Ritzeleingriff zuführen.
4) Fett mit einem sauberen Pinsel auf die Verzahnung der Drehverbindung auftragen. Anstelle eines Pinsels kann das Fett auch aufgesprüht oder mit einer geeigneten Schmiervorrichtung (z. B. Schmierritzel) aufgebracht werden.

Bei offenen Getrieben haben sich für die Verzahnung Haftschmiermittel besonders gut bewährt.

Mit automatischen Nachschmiersystemen für das Laufbahnsystem und die Verzahnung lässt sich die Nachschmierung erheblich vereinfachen und die Funktionssicherheit nachhaltig verbessern.

6.9 Entnahme von Fettproben

Abb. 42: Fettprobenentnahmeset

Für eine exakte Bestimmung des Verschleißzustandes müssen Fettproben von allen Ringen entnommen werden.

Das Fettprobenentnahmeset besteht aus:

- Fettsammelcontainer (Volumen ≥ 100ml)
- Fettspritze mit Schlauch (Volumen ≥ 100ml)
- Selbstklebende Etikette zur Beschriftung der Fettsammelcontainer.

Vorgehensweise zur Fettprobenentnahme:

1) Fettauslassbohrungen der Drehverbindung definieren. Diese muss in der Hauptlastzone liegen. Gegebenenfalls mit Hilfe der Zeichnung prüfen.
2) Fettauffangbehälter entfernen.
3) Fettspritze mit Schlauch in Fettauslassbohrung einbringen. Beim Absaugen des Fettes den Schlauch weiter in das Fettauslassloch hinein schieben.
4) Entnommenes Fett in den Sammelcontainer drücken (eine Probe für einen Container).
5) Den Fettsammelcontainer mit Etikett beschriften. Dieses

muss enthalten: Seriennummer, Ringnummer, Position der Entnahmebohrung

6) Fettauffangbehälter wieder anbringen.
7) Wiederholen Sie den Vorgang für jede Fettauslassbohrung und wechseln Sie den Schlauch beim Wechsel vom Innen- zum Außenring.

6.10 Überprüfung der Dichtungen

WICHTIG

Beschädigte Dichtungen müssen unverzüglich ausgetauscht werden. Bei Korrosionsschäden oder Funktionsbeeinträchtigung infolge nicht rechtzeitig ausgetauschter schadhafter Dichtungen erlischt jegliche Gewährleistung. Eingedrungene Feuchtigkeit kann sehr schnell zu Korrosion im Laufbahnsystem führen und beeinträchtigt den sicheren Betrieb.

- Ersatzdichtungen sind unter Angabe der Zeichnungsnummer, der Seriennummer bzw. den Angaben des Typenschildes bei IMO erhältlich (⇨ Seite 2).

- Die Ersatzdichtungen können mit einfachen Werkzeugen auf die erforderliche Länge abgelängt und eingebaut werden.

Bei Rückfragen Kontakt mit dem Customer Service aufnehmen (⇨ Seite 2). Unser Customer Service stellt auf Wunsch ein Video zur Verfügung, das den Dichtungstausch in allen einzelnen Schritten darstellt.

Für Hauptlager in Windkraftanlagen gilt:

Bei Ersatzbedarf IMO rechtzeitig informieren, Dichtungen für Hauptlager sind speziell gefertigte Profile, die zum Austausch separat gefertigt werden müssen.

Kleine Mengen an Fett können durch die Dichtung austreten. Dies ist normal und stellt keinen Reklamationsgrund dar.

Auch im Probelauf von Hauptlagern immer auf ausreichende Schmierung des Laufbahnsystems und der Dichtlippen achten.

Die Nachschmiermenge hängt stark von der Betriebstemperatur des Hauptlagers ab. Unbedingt mit dem Schmiermittelhersteller klären.

6.11 Maßnahmen nach erfolgter Wartung

Nach Beendigung der Wartungsarbeiten vor dem Einschalten die folgenden Schritte durchführen:

1. Alle zuvor gelösten Schraubenverbindungen auf festen Sitz überprüfen.

2. Überprüfen, ob alle zuvor entfernten Schutzvorrichtungen und Abdeckungen wieder ordnungsgemäß eingebaut sind.
3. Sicherstellen, dass alle verwendeten Werkzeuge, Materialien und sonstige Ausrüstungen aus dem Arbeitsbereich entfernt wurden.
4. Arbeitsbereich säubern und eventuell ausgetretene Stoffe wie z. B. Flüssigkeiten, Verarbeitungsmaterial oder Ähnliches entfernen.
5. Sicherstellen, dass alle Sicherheitseinrichtungen der Anlage einwandfrei funktionieren.

7 Demontage

Das unautorisierte Öffnen der Drehverbindung führt zum Erlöschen der Gewährleistung.

Nach Gebrauchsende muss die Drehverbindung demontiert und einer umweltgerechten Entsorgung zugeführt werden.

7.1 Sicherheit

⚠WARNUNG

Vor Beginn der Arbeiten für ausreichend Platz sorgen. Mit offenen, scharfkantigen Bauteilen vorsichtig umgehen. Auf Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz achten! Lose aufeinander- oder umherliegende Bauteile und Werkzeuge sind Unfallquellen. Bauteile fachgerecht demontieren. Teilweise hohes Eigengewicht der Bauteile beachten. Falls erforderlich Hebezeuge einsetzen. Bauteile sichern, damit sie nicht herabfallen oder umstürzen. Bei unsachgemäßer Demontage besteht Verletzungsgefahr. Bei Unklarheiten den Hersteller hinzuziehen.

⚠WARNUNG

Niemals unter schwebende Lasten treten! Schwenkende oder herabfallende Teile können zu Verletzungen oder Lebensgefahr führen.

⚠WARNUNG

Bei Hebevorgängen und Transport Vorsicht walten lassen. Nur die hier beschriebenen Transportmethoden verwenden. Durch Herunterfallen der Bauteile besteht Lebensgefahr durch Quetschen.

WICHTIG

Beim Transport von Gegenständen vorsichtig vorgehen! Hinweissymbole auf den Packstücken befolgen und nur die vorgesehenen Anschlagpunkte nutzen. Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.

WICHTIG

Beim Transport Stöße vermeiden! Durch unsachgemäßen Transport können erhebliche Schäden entstehen.

Personal

- Die Demontage darf nur von speziell ausgebildetem Fachpersonal ausgeführt werden.

7.2 Demontage

Vor Beginn der Demontage:

- Gerät ausschalten und gegen Wiedereinschalten sichern.
- Gesamte Energieversorgung vom Gerät physisch trennen, gespeicherte Restenergien entladen.
- Betriebs- und Hilfsstoffe sowie restliche Verarbeitungsmaterialien entfernen und umweltgerecht entsorgen.

Anschließend Baugruppen und Bauteile fachgerecht reinigen und unter Beachtung geltender örtlicher Arbeitsschutz- und Umweltschutzvorschriften zerlegen.

1. Befestigungselemente des verzahnten Lagerrings herausschrauben.
2. Anschlusskonstruktion entfernen.
3. Befestigungselemente des unverzahnten Lagerrings herausschrauben.
4. Drehverbindung entfernen.

7.3 Entsorgung

WICHTIG

Elektroschrott, Elektronikkomponenten, Schmier- und andere Hilfsstoffe unterliegen der Sondermüllbehandlung und dürfen nur von zugelassenen Fachbetrieben entsorgt werden! Falsche Entsorgung kann zu Umweltschäden führen.

Sofern keine Rücknahme- oder Entsorgungsvereinbarung getroffen wurde, zerlegte Bestandteile der Wiederverwertung zuführen:

- Metalle verschrotten.
- Kunststoffelemente zum Recycling geben.
- Übrige Komponenten nach Materialbeschaffenheit sortiert entsorgen.

Die örtliche Kommunalbehörde oder spezielle Entsorgungs-Fachbetriebe geben Auskunft zur umweltgerechten Entsorgung.

8 Technische Daten/Typenschild

Abb. 43: Typenschild

Das Typenschild befindet sich am Außenring und beinhaltet folgende Angaben:

- Hersteller
- Zeichnungsnummer / Typ
- Gewicht
- Seriennummer
- Baujahr

8.1 Für Drehverbindungen in Windkraftanlagen gilt

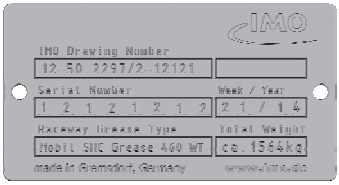


Abb. 44: Typenschild

Die Position des Typenschildes kann der Zeichnung der Drehverbindung bzw. des Zahnkranzes entnommen werden. Bei Drehverbindungen befindet sich das Typenschild typischerweise am unverzahnten Ring und kann folgende Angaben beinhalten:

- Hersteller
- Materialnummer
- Bestellnummer
- Baujahr
- Seriennummer
- Strichcode
- Fettsorte

This operating manual provides important instructions for working with the component. The specified instructions must be precisely followed, to protect yourself and others.

Inform yourself of the locally applicable accident prevention regulations and the general safety regulations.

The operating manual must be carefully read prior to starting any task! It is an integral part of the product and must be kept in the immediate vicinity of the component. It must be accessible to personnel at all times.

If this component is provided to a third party, ensure that the operating manual is provided with the component.

The illustrations in this manual are provided for the purpose of better understanding. They are not necessarily true to scale and can deviate from the actual design of the component.

© IMO GmbH & Co. KG
Imostr. 1
91350 Gremsdorf, Germany

Tel.: +49 9193 6395-40
Fax: +49 9193 6395-4140

Email: mail@imo.de
Internet: www.imo.de

Customer Service:
Tel.: +49 9193 6395-1200
E-Mail: service@imo.de

Table of contents

1 Structure and function 70
1.1 Brief description 70
1.1.1 In respect of wind turbines 70
1.2 Overview 70
1.3 Intended use 71

2 General 72
2.1 Explanation of symbols 72
2.2 Limitation of liability 72
2.3 Copyright 73
2.4 Original IMO parts 74
2.5 Customer Service 74

3 Safety 75
3.1 Safety devices 75
3.2 Special dangers 75
3.3 Responsibility of the owner 76
3.4 Personnel requirements 77
3.5 Personal protective equipment 77

4 Transport, packaging and storage 79
4.1 Instructions for transport 79
4.2 Transport 79
4.3 Transport inspection / incoming goods inspection 81
4.4 Packaging 82
4.5 Symbols on the packaging 82
4.6 Storage 83
4.7 Storage of slewing rings with long term preservation 83

5 Installation and commissioning 85
5.1 Safety 85
5.2 Preparation 86
5.2.1 Unpacking the slewing ring 86
5.2.2 Lubricating prior to commissioning 86
5.2.3 Cleaning the slewing ring and mating structure 86
5.2.4 Design of the mating structure 88
5.2.5 Determining the axial runout, angular deviation and deformation 88
5.2.6 Corrosion protection of the fastening holes and tapped holes 93
5.3 Installing the slewing ring 93

Table of contents

5.3.1 Hardness gap on the bearing rings 93
5.3.1.1 For ball slewing rings:..... 94
5.3.1.2 For roller bearings and designs without filling plug..... 94
5.3.2 Positioning the slewing ring..... 95
5.3.2.1 Ideal positioning of the hardness gap for azimuth bearings in wind turbines..... 96
5.3.3 Bolting the slewing ring 98
5.3.3.1 Procedure..... 99
5.3.3.2 Tightening the bolts with a torque wrench 100
5.3.3.2.1 Tightening torque for metric coarse-pitched threads in accordance with DIN 13, strength class 10.9, EN ISO 898 101
5.3.3.2.2 Tightening torque for inch thread in accordance with ANSI B1.1, SAE grade 8 102
5.3.3.3 Tightening bolts with a hydraulic tensioning device 103
5.3.3.3.1 Assembly pre-tensioning force for metric coarse-pitched threads in accordance with DIN 2510, strength class 10.9, EN ISO 898 104
5.3.3.3.2 Assembly pre-tensioning force for inch thread in accordance with ANSI B1.1, SAE grade 8.....105
5.3.4 Tilting clearance measurement.....106
5.3.4.1 Tilting clearance measurement for triple-row roller slewing rings .107
5.3.5 Radial clearance measurement for triple-row roller slewing rings.....108
5.3.6 Determining the amount of settling.....109
5.3.6.1 Determination of the amount of settling for azimuth bearings of wind turbines.....110
5.3.7 Adjusting the circumferential backlash 111
5.4 Function test 113

6 Maintenance 114
6.1 Safety 114
6.2 Maintenance of slewing rings 115
6.2.1 Relubrication intervals 115

Table of contents

6.3 Maintenance schedule for slewing rings 116
6.4 Maintenance schedule for main bearings of wind turbines 116
6.5 Cleaning 117
6.6 Bolt pre-tension 117
6.7 Checking the tilting clearance and settling amount ... 118
6.8 Relubricating the slewing ring 119
6.8.1 Lubricants (grease) 120
6.8.2 Grease collecting containers (collecting pockets) 121
6.8.3 Manual relubrication of the raceway 122
6.8.4 Relubrication of slewing rings for wind turbines 122
6.8.5 Manual relubrication of the gearing 123
6.9 Taking grease samples 123
6.10 Inspecting the seals 124
6.11 Measures on completion of maintenance 125

7 Dismantling 126
7.1 Safety 126
7.2 Dismantling 127
7.3 Disposal 127

8 Technical data / type plate 128
8.1 In respect of slewing rings in wind turbines 128

1 Structure and function

1.1 Brief description

Slewing rings are large-scale roller bearings. Slewing rings are used for the concurrent transmission of axial and radial forces, as well as the transmission of tilting moment. Slewing rings consist of an inner and outer ring, an integrated raceway system; inner or outer gearing systems are also available as an option. A functional seal seals off the raceway system on the upper and lower side. In the slewing ring, roller bearings transfer the loads between the inner and outer ring. Force is transmitted to the mating structure through the bolts. Through holes or threaded holes are provided in the inner and outer ring for this purpose.

1.1.1 In respect of wind turbines

The main bearings are designed for continuous operation, longer standstill periods without rotational movement or blocking of the rotational movement is only permitted for servicing and then only for a few hours. When performing servicing work with blocked main bearings, make sure that the maintenance work is carried out as quickly as possible and without unnecessary interruptions. In particular, ensure that wind speeds of 4 m/s are not exceeded during the maintenance work to avoid damaging the main bearing.

Even when it is not in operation, it is important to ensure that the main bearing rotates easily and continues being supplied automatically with lubricant during this time. In order to ensure that this occurs, the wind turbine must be controlled in such a way that a minimum rotational speed of about 0.5 rpm is guaranteed.

1.2 Overview

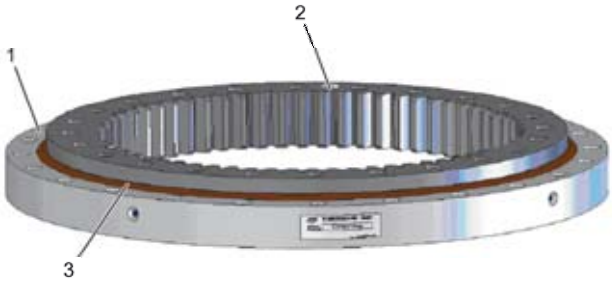


Fig. 1: Slewing ring with inner gearing

1 Outer ring
2 Inner ring
3 Seal

1.3 Intended use

WARNING

The component is not designed for use in potentially explosive atmospheres. Misuse of the component may give rise to dangerous situations.

The component has been designed and manufactured to be used solely in accordance with this installation and operating manual.

The slewing ring is used

- for the transmission of low-friction rotary motion
- as a blade, azimuth and main bearing in wind turbines

The gear rim is used for

- the transmission of torque between machine parts
- installation as an azimuth gear rim in the friction bearings of wind turbines.

NOTE!

In this installation and operating manual, no distinction is made between slewing rings and gear rims. The instructions for slewing rings can accordingly also be applied to gear rims, insofar as these are appropriate. In case of uncertainty, contact Customer Service (⇨ page 2).

Modification, retooling or changing the construction or individual parts of the equipment with the objective of changing the area of application or usability of the component is not permitted, as this does not form part of the intended use.

All claims for damages of whatsoever nature arising from the improper use of the equipment are excluded.

The owner is solely liable for all damages arising from improper use.

2 General

2.1 Explanation of symbols

Warnings

Warnings in this operating manual are indicated by a warning symbol (⚠) and/or signal words. The scope and nature of the hazard is described with signal words.
The warnings must be strictly observed, and you must act with care to prevent accidents, personal injuries and damage to property as well as life-threatening risks.

Warning symbol / signal word	Explanation
DANGER **or** **DANGER!**	Indicates an imminent dangerous situation that can result in death or serious injury if it is not avoided.
WARNING **or** **WARNING!**	Indicates a potentially dangerous situation that can result in death or serious injury if it is not avoided.
CAUTION **or** **CAUTION!**	Indicates a potentially dangerous situation that can result in slight or minor injuries if it is not avoided.
IMPORTANT **or** ***IMPORTANT!***	Indicates a potentially dangerous situation that can result in damage to property if it is not avoided.
Tips and recommendations	**Explanation**
ⓘ	Indicates useful tips and recommendations as well as information for efficient and trouble-free operation.

2.2 Limitation of liability

All the information and instructions in this operating manual were compiled after having had due regard to the applicable standards and regulations, the current state of the technology as well as our extensive experience.

The manufacturer assumes no liability for damages arising from:

- Failing to observe the instructions in this manual
- Improper use
- Using untrained personnel
- Unauthorised conversions
- Technical changes
- Using non-approved spare parts

In the case of special versions, orders for supplementary options or due to the latest technical changes, the actual scope of delivery may vary from the explanations and depictions provided in this manual.

In all other respects, the agreed obligations in the delivery contract, the general terms and conditions as well as the delivery conditions of the manufacturer and the legal provisions applicable at the time that the contract was concluded apply.

We reserve the right to make technical changes for the purpose of improving the performance characteristics and further development.

2.3 Copyright

© Copyright 2014, IMO GmbH & Co. KG

The information contained in this operating manual and/or in all parts, sub-sections or sections of this manual is the intellectual property of IMO GmbH & Co. KG and is subject to German and international copyright legislation as well as other laws that protect intellectual property.

The information contained in this manual is provided to assist in the operation, maintenance and fault elimination of the units described herein.

Duplication, reproduction, translation, microfilming, storing in electronic or magnetic form, imitation or forwarding of these materials and/or the information contained herein without the prior written consent of IMO GmbH & Co. KG is strictly prohibited.

All rights and legal remedies remain expressly reserved.

Infringements will be prosecuted.

IMO GmbH & Co. KG assumes no liability whatsoever for the improper use of the information contained herein by persons or legal entities, irrespective of the place where this occurs.

IMO GmbH & Co. KG reserves the right at any time and irrespective of the reason to change or modify any information contained herein as well to change and modify the system itself, with or without prior notice.

2.4 Original IMO parts

WARNING

Only use original IMO parts! Use of unauthorised, wrong or defective spare parts can cause damage, interruptions and failures or impair the safety of the device and thereby cause severe or fatal injuries.

Purchase original IMO parts from authorised dealers or direct from the manufacturer (⇨ page 2).

2.5 Customer Service

Our Customer Service Department is available to provide technical information (⇨ page 2).

Furthermore, our employees are always interested in new information and experiences in respect of the application our products, and which could prove valuable in improving these.

3 Safety

This section provides an overview of all the important safety aspects for optimal protection of personnel as well as for safe and trouble-free operation.

Failing to comply with the handling instructions and safety instructions in this manual can result in extremely dangerous situations.

3.1 Safety devices

Integration in an emergency-stop concept is required

The component is designed for utilisation within a system. It does not have its own controller and does not have an autonomous emergency-stop function.
Before the component is placed in service, emergency-stop devices must be installed for the component and integrated in the safety chain of the plant control system.
The emergency-stop devices must be connected in such a manner that dangerous situations for persons and property are excluded in the event of an interruption of the power supply or the activation of the power supply after an interruption.
The emergency-stop devices must always be freely accessible.

3.2 Special dangers

Residual risks are set out in the following section.

WARNING

Comply with the safety instructions listed here and the warnings in the other sections of this manual to reduce health hazards and to avoid dangerous situations.

VCI foil

DANGER! Keep out of reach of children and dispose of properly. If used improperly, there is danger of suffocation. Avoid skin and eye contact with VCI foil. Repeated or extended contact with skin may remove the natural oils of the skin and cause dermatitis.

Moving parts

WARNING! Do not reach into moving parts or handle moving parts during operation. Do not open covers when the device is in operation. Observe the follow-up time. Prior to opening the cover, ensure that all parts have come to a standstill. Wear tight-fitting work clothing in the danger zone. Rotating components and/or components with linear movements can cause serious injury!

Falling materials

WARNING! Never enter the danger zones during operation. During operation, heavy material may fall out of or be ejected out of the device in an uncontrolled manner and cause severe or even fatal injuries.

Dirt and objects left lying around

CAUTION! Always keep the work area clean. Remove objects that are not being used. Mark stumbling hazards with a black/yellow marking tape. Dirt and objects left lying around create a risk of slipping or stumbling and can cause serious injuries.

3.3 Responsibility of the owner

Owner

The owner is the person or entity that operates the component for commercial or economic purposes on its own behalf or that makes the device available to a third party for use or an application and during operation has the legal product responsibility to protect users and third parties.

The component is used for commercial purposes. Consequently, the owner of the component is subject to the legal obligations in respect of occupational health and safety.

In addition to the safety instructions in this manual, the safety and accident prevention regulations and environmental protection provisions that apply to the area of application for the component must be complied with. In this regard:

- The owner must inform itself as to the applicable occupational health and safety regulations and the other risks that may exist at the installation site of the component due to the specific operating conditions must be identified in a risk analysis. The owner must compile operating instructions for the operation of the component using the information from the risk analysis.
- During the entire period that the component is used, the owner must ensure that its operating instructions are in accordance with the applicable legislation as amended from time to time and, if necessary, amend its operating instructions accordingly.
- The owner must clearly specify and determine the responsibilities for installation, operation, maintenance and cleaning.
- The owner must ensure that all employees who handle the component have read and understood this operating manual. In addition, the owner must train personnel at regular intervals and inform the personnel about the hazards.
- The owner must provide the personnel with the required protective equipment.

Moreover, the owner is responsible for ensuring that the component is always in perfect technical condition so that the following applies:

- The owner must ensure that the maintenance intervals described in this operating manual are observed.
- The owner must have the function and completeness of all safety devices regularly inspected.

The seals in the slewing ring are subject to a certain amount of wear. From time to time, it is necessary to check the proper seating and function of the seals. Depending on the system runtime, it may also be necessary to replace the seals. The system manufacturer must accordingly ensure that there are sufficient space and access for inspecting and replacing the seals around the entire perimeter of the slewing ring.

3.4 Personnel requirements

Unauthorised persons

WARNING! Unauthorised persons are not permitted to enter the work area! Unauthorised persons can cause dangerous situations.

Skilled personnel

Skilled personnel are personnel who due to their specialised training, skills and experience as well as their knowledge of the applicable requirements are capable of executing the tasks assigned to them and recognising possible hazards on their own.

3.5 Personal protective equipment

Wearing personal protective equipment is required to minimize the health hazards when working with the device.

- Always wear the protective equipment necessary for the respective task when working with the device.
- Comply with the instructions that have been posted in the work area.

Always wear

For all tasks, always wear:

Protective work clothing
is tight-fitting work clothing with low resistance to tearing, with tight sleeves and without projecting parts. It is primarily used as a protection against entanglement by moving machine parts.
Do not wear rings, chains or other jewellery.

Safety footwear
for protection against heavy falling parts and slipping on slippery surfaces.

Protective gloves
to protect the hands from friction, abrasions, puncture wounds or deeper injuries as well as from contact with hot surfaces.

To be worn for special tasks

Special protective equipment is required when executing special tasks. Specific reference is made to this equipment in the individual sections. This special protective equipment is explained below:

Face mask
to protect the eyes and face from solvents.

Chemical-resistant protective gloves
to protect hands from aggressive substances.
Check the protective gloves for leaks prior to use. Clean the gloves before pulling them off, then store them in a well-ventilated location.

4 Transport, packaging and storage

4.1 Instructions for transport

WARNING

Never stand under a suspended load! Swinging or falling parts can cause injuries or fatalities.

WARNING

Exercise caution during lifting processes and transportation. Only use the transport methods described here. Risk of fatal injuries due to crushing or impact if the slewing ring falls.

IMPORTANT

Proceed with caution when transporting objects! Comply with the instruction symbols on the packages and only use the provided attachment points. Improper transport can cause significant damage.

IMPORTANT

Avoid impacts when transporting! Improper transport can cause significant damage.

IMPORTANT

The applicable transport regulations must be observed. Only permissible load securing means may be used.

4.2 Transport

Transport should be executed by skilled personnel only.

Transporting packages

Packages that are not attached to pallets can be transported with a forklift or forklift truck under the following conditions:

- The forklift or forklift truck must be designed for the weight of the transport units.
- The driver must be authorised to operate the forklift.

Attachment:

1. Place sufficiently long and wide extensions (e.g. of wood or metal) between the forks and the package so that the weight is distributed on the support surfaces.
2. Drive the forks, with extensions if required, far enough in so that they protrude on the opposite side.
3. Ensure that the package cannot tip if it is top-heavy.
4. Lift the package and start the transportation.

Transport, packaging and storage

Transporting pallets or crates with a crane

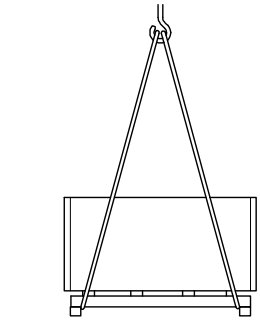


Fig. 2 *Transporting with a crane*

Packages that are attached to pallets or packed in crates can be transported with a crane under the following conditions:

- Crane and hoist must be designed for the weight of the packages.
- The operator must be authorised to operate the crane.

Attachment:

1. Attach the ropes, straps, or multi-point suspension as shown in Fig. 2 to the pallet or crate.
2. Ensure that the packages cannot be damaged by the lifting tackle. Use other lifting tackle if necessary.
3. Start the transportation.

Transporting pallets or crates with a forklift

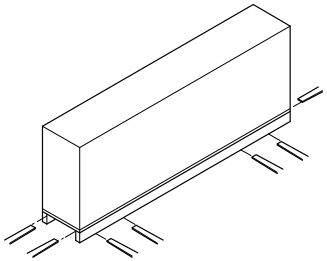


Fig. 3 *Transporting with a forklift*

Packages that are attached to pallets or packed in crates can be transported with a forklift under the following conditions:

- The forklift must be designed for the weight of the transport units.
- The driver must be authorised to operate the forklift.

Attachment:

1. Drive the forklift with the forks between or under the spars of the pallet/crate.
2. Drive in the forks until they protrude on the opposite side.
3. Ensure that the pallet or crate cannot tip if it is top-heavy.
4. Lift the package and start the transportation.

Transporting unpacked slewing rings

Fig. 4*: Use suitable hoisting equipment / never transport the product vertically*

Unpacked slewing rings can be transported with suitable hoisting equipment using eye bolts under the following conditions:

- The hoisting equipment must be designed for the weight of the transport units.
- The eye bolts must be designed for the weight of the transport unit.
- The slewing ring may only be transported by itself, without the attached parts of the mating structure.
- Observe the bolt insertion depth specified by the manufacturer for the eye bolts. If a bolt insertion depth has not been specified, then a minimum bolt insertion depth of 1.5 x the bolt diameter must be selected.
- Transport within the company should only be executed horizontally.

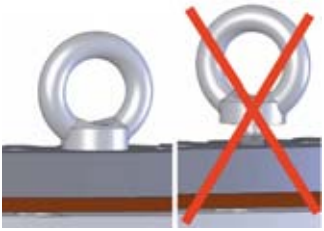


Fig. 5: Use the full length of the thread

Attachment:

1. Screw the 3 eye bolts into the 3 tapped holes that are distributed uniformly on the perimeter of the slewing ring.

WARNING! Screw in the eye bolts to the full length of the thread! Improperly attached, unsuitable or damaged eye bolts can result in the slewing ring falling and cause life-threatening injuries.

2. Attach the hoisting equipment to the ring bolts.
3. Start the transportation.

4.3 Transport inspection / incoming goods inspection

Check the delivery immediately upon receipt to ensure that the delivery is complete and undamaged.

If there is obvious external damage, proceed as follows:

- Do not accept the delivery or only accept it with reservation.
- Note the extent of the damage on the transport documents or on the transport company's delivery note.
- Submit a complaint.

Report all defects within 2 days of delivery of the goods. Claims to replace any defects in the delivery can only be submitted during this notice period.

4.4 Packaging

Fig. 6: VCI foil

The packaging should protect the slewing ring from transport damage and corrosion until the slewing ring is installed. The anti-corrosion agent functions according to the VCI method.

The packaging must not be destroyed or damaged and it must only be removed just prior to installation.

The packaging of the slewing ring is adapted to the transport conditions specified by the customer. The duration of corrosion protection for standard packaging as well as for maritime freight packaging is 8 weeks including the freight period.
After this period, the customer must ensure that there is adequate corrosion protection.

IMPORTANT

- The slewing ring must only be unpacked when the temperature of the slewing ring corresponds to the ambient temperature. This prevents the formation of condensate on the slewing ring
- The packaging does not provide corrosion protection when the slewing ring is in operation.

Fig. 7: Transport cross

The slewing rings are sometimes supplied with a transport cross. The following must be observed:

- Slewing rings must be stored lying horizontally
- Remove the transport cross just before installation

Handling packing materials

If no separate agreement in respect of the handling of the packaging has been concluded, then separate the materials according to type and size and reuse or recycle the materials.

IMPORTANT! **Dispose of packing materials in an environmentally responsible manner. Environmental damage can be caused by improper disposal.**

4.5 Symbols on the packaging

Contains no parts that can be repaired by the user! Unauthorised opening of the unit invalidates the manufacturer's guarantee.

NO USER SERVICABLE PARTS INSIDE! UNAUTHORIZED OPENING OF THIS DEVICE VOIDS THE MANUFACTURER'S WARRANTY.

If packed in foil:

Danger!
Danger of suffocation!
This foil is not a toy!
Keep away from children!

4.6 Storage

Storage of packages

Fig. 8: Store in a protected environment

Only store packages under the following conditions:

- Do not store outdoors.
- Store in a dry and dust-free location.
- Store on a firm surface.
- Do not expose to aggressive media.
- Use stable intermediate layers when stacking.
- Never stack more than three packages on top of each other.
- Protect from direct sunlight.
- Avoid mechanical vibrations.
- Storage temperature: 15° C (59° F) to 35° C (95° F).
- Relative air humidity: max. 60%.
- Do not store in an upright position.
- If the storage time is longer than specified in the commission/order, the packaging must be checked regularly. Touch up or reapply corrosion protection as required.

Under certain circumstances, storage instructions may be affixed to the packages that go beyond the requirements set out herein. Comply with these instructions accordingly.

Fig. 9: Do not store vertically

4.7 Storage of slewing rings with long term preservation

The slewing ring is not greased!

Greasing must take place prior to installation according to the accompanying mounting and maintenance instructions.

In order to guarantee corrosion protection for up to 5 years, a thin film of VCI 368 is applied to all inside and outside profiles. In addition, the slewing ring is wrapped in VCI stretch foil and sealed in PE foil.

Two humidity indicators between the foils provide information about the relative air humidity within the packaging.

In order to prevent damage to the foils, the slewing ring is packed and fixed in a wooden crate.

This special packaging/preservation is suitable for a storage time of up to 5 years in closed, temperature-controlled rooms (>12 °C).

Transport, packaging and storage

After receipt of the goods, the packaging condition must be checked, with further inspections in intervals of 6 months. The packing must be inspected to ensure that it is intact and the humidity must be checked. For this purpose, two humidity indicators are mounted on the top of the slewing ring opposite each other. The respective results must be documented in the test report.

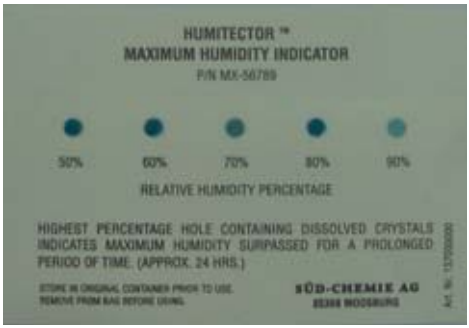


Fig. 10: Humidity indicator

Relative air humidity **%**	*Comment*
Up to 50	**OK**
From 60	*Not OK*

If additional preserved storage is necessary after the expiry of 5 years, the long term preservation must be replaced under the supervision of an IMO Service Team employee. Arrangements can also be made to return the slewing ring to IMO for the renewal of the preservation or to perform the initial greasing.

Failing to observe this inspection instruction, invalidates the warranty for the long term preservation.

Note:

The VCI 368 preserving agent is absorbed by lubricants and has a very good lubricant compatibility. The removal of the preserving agent from the raceway system before the initial greasing is accordingly not necessary.

5 Installation and commissioning

5.1 Safety

DANGER — **Prior to starting the work, switch off all sources of power and safeguard them from being switched on again. If the power supply is switched on inadvertently, persons in the danger zone can be fatally injured.**

WARNING — **Prior to starting the work, ensure that there is sufficient space for the installation. Handle open, sharp-edged components carefully. Ensure that the installation site is clean and tidy! Parts and tools that are lying loose or on top of each other are accident hazards! Assemble the components properly. Observe the prescribed bolt-tightening torque. Secure the components so that they do not fall down or fall over. Improper installation and commissioning can cause serious personal injuries and/or extensive damage to property.**

WARNING — **Never stand under a suspended load! Swinging or falling parts can cause injuries or fatalities.**

WARNING — **Exercise caution during lifting processes and transportation. Only use the transport methods described here. Risk of fatal injuries due to crushing if the component falls.**

IMPORTANT — **Proceed with caution when transporting objects! Comply with the instruction symbols on the packages and only use the provided attachment points. Improper transport can cause significant damage.**

IMPORTANT — **Avoid impacts when transporting! Improper transport can cause significant damage.**

IMPORTANT — **Do not paint over the seals! Painting over the seals can cause significant damage.**

IMPORTANT — **In respect of coated slewing rings, ensure that the coating is not damaged. If necessary, consult Customer Service (⇨ page 2).**

Personnel

- Only trained, specialised personnel may perform installation and commissioning work.

Personal protective equipment

Wear the following protective equipment for all installation and commissioning work:

- Protective work clothing
- Safety footwear
- Protective gloves

The warnings in this section make specific reference to additional protective equipment that is required for certain tasks.

5.2 Preparation

5.2.1 Unpacking the slewing ring

IMPORTANT

When cutting the VCI foil, ensure that plastic elements, such as seals, are not damaged.
The slewing ring must only be unpacked when the temperature of the slewing ring corresponds to the ambient temperature. This prevents the formation of condensate on the slewing ring

5.2.2 Lubricating prior to commissioning

Slewing rings are lubricated in the factory prior to delivery. Nevertheless, prior to commissioning the slewing ring must be lubricated (⇨6.8.3, 6.8.4 & 6.8.5).

5.2.3 Cleaning the slewing ring and mating structure

Wear the following additional protective equipment for cleaning tasks:

Face mask
To protect the eyes and face from solvents.

Chemical-resistant protective gloves
To protect hands from aggressive substances.
Check the protective gloves for leaks prior to use. Clean the gloves before pulling them off, then store them in a well-ventilated location.

Fig. 11*: Do not let cleaning agents get into the raceway systems*

Fig. 12*: Cleaning*

Cleaning:

IMPORTANT! **Use cold solvents (e.g. white spirit, diesel oil, Kaltryl KEV) that do not corrode the sealing material. Ensure that the cleaning agent does not get into the slewing ring. Do not use a high-pressure cleaner to clean the slewing ring. Unsuitable trichloroethylene-based or perchloroethylene-based cleaning agents or other aggressive cleaners damage the seal and can cause bearing damage.**

- When using cleaning agents, ensure that there is adequate ventilation.
- Maintain a strict ban on smoking.
- Remove used grease, dust and dirt with a lint-free cloth.
- Remove foreign material from the support surface of the mating structure (including paint residue, welding beads, feathering).
- If necessary, clean the support surface of the slewing ring.
- Strictly comply with the industrial safety regulations.

5.2.4 Design of the mating structure

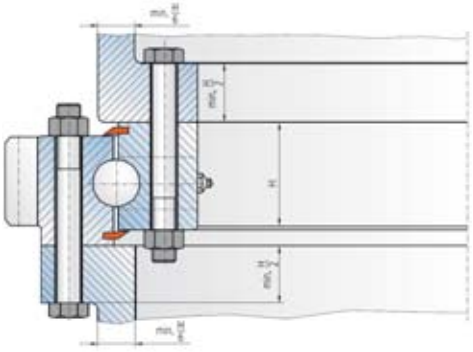


Fig. 13*: Permissible axial runout of the mating structure*

The reliable transmission of existing loads and the trouble-free utilisation of the slewing ring are achieved among other things by an adequately dimensioned mating structure.
In this regard, the mating structure must comply with certain minimum requirements for the slewing ring to function reliably:

- It must have sufficient rigidity, see Table 3 and Table 4
- The flatness requirements in the installation and operating manual must be observed
- It must have no hard points (e.g. due to the transverse supports)
- The mounting surfaces must at least be machined
- A cup-shaped structure is to be preferred
- All fastening bolts must be used
- The recommended bolt quality must be observed
- The mating structure must have a minimum strength of 500 N/mm^2, see *Table 5*

Depending on the maximum load and the application, the solutions for the design of the mating structure may be very different.

If the mating structure has a cup-shaped structure, the flange thickness should at least amount to 50% of the ring height. The wall thickness of the cup should be at least 1/6 of the ring height.
In weight-critical applications, the flange thickness can only be reduced if appropriate reinforcement is provided and the specifications for the permissible axial runout and angular deviation as well as deformation can be observed under load. See Table 3 and Table 4 for these values.

5.2.5 Determining the axial runout, angular deviation and deformation

Determining the axial runout and angular deviation of the mating structure

The mating structure can be measured using a measuring plate and dial gauges.
Laser processes and measuring with 3D systems have also proven to be effective. These systems can be used without additional auxiliary materials and they can document the actual gradient of the mating structure as well as processing it accordingly.

Axial runout

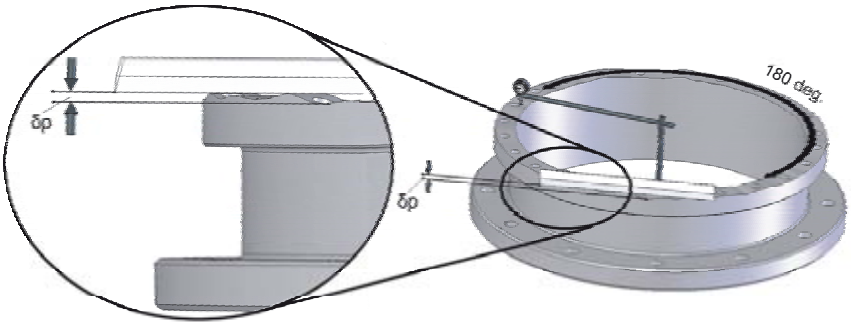


Fig. 14*: Axial runout*

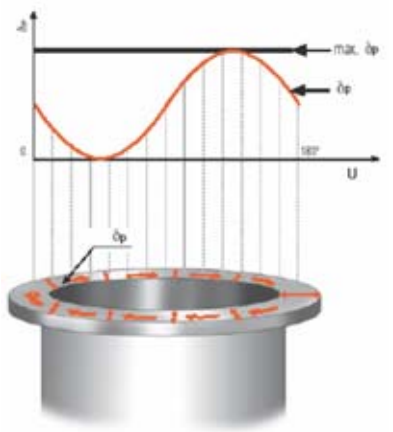


Fig. 15*: Permissible axial runout of the mating structure*

δp = axial runout
Max. δp = maximum axial runout
U = circumference

- The maximum residual value for axial runout δp in the circumferential direction may only be reached once on half the circumference. The gradient must look like a sinus curve that slowly rises or falls.

Angular deviation

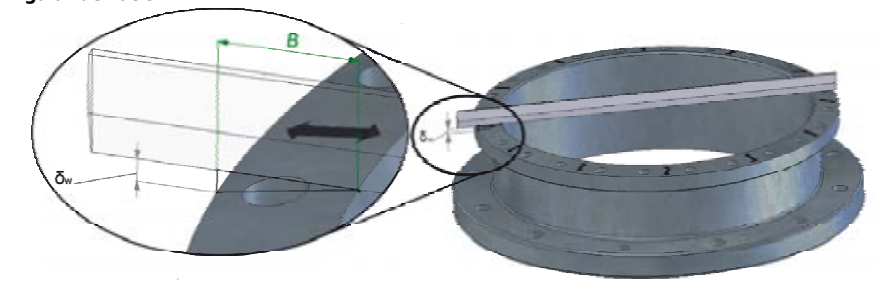


Fig. 16*: Angular deviation*

δw = angular deviation
B = flange width

- The permissible angular deviation δw = (misalignment) is based on the actual flange width and may only be half the values set out in the tables below.

Fig. 17*: Drawing number*

The bearing design (1), the size of the roller bearing diameter dw (2) and of the running tread diameter D_L (3) is contained in the drawing number and is shown on the accompanying documents or the type plate. In bearing design (1), numbers 1 and 4 stand for a ball bearing, the number 3 stands for a roller bearing. All the dimensions in the drawing number are metric, designated in [mm].

In respect of slewing rings that fall between the specified sizes, always assume the lower value. In respect of slewing rings that are larger than the largest diameter, use the largest specified value.

The slewing ring must be supported by the mating structure over the entire mounting surface of the respective ring.

In respect of preloaded ball-slewing rings, use the values for the roller slewing rings.

Permissible axial runout and angular deviations for standard slewing rings

Metric:

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
Permissible axial runout including angular deviation per support surface [mm]	Ball	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23	0.25	0.30
	Roller	0.06	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	
Permissible axial runout including angular deviation per support surface [mm]	Ball	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	
	Roller	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33	0.35	0.38	

Table 1

Inches:

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
Permissible axial runout including angular deviation per support surface [inches]	Ball	0.0031	0.0039	0.0051	0.0059	0.0071	0.0079	0.0091	0.0098	0.0118
	Roller	0.0024	0.0031	0.0035	0.0039	0.0043	0.0051	0.0055	0.0059	0.0067

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	
Permissible axial runout including angular deviation per support surface [inches]	Ball	0.0138	0.0157	0.0177	0.0197	0.0217	0.0236	0.0256	0.0276	
	Roller	0.0079	0.0091	0.0098	0.0110	0.0118	0.0130	0.0138	0.0150	

Table 2

Determining the deformation of the mating structure

Under maximum operating load, a corresponding deformation of the mating structure occurs. The dimensions can be detected via dial gauges, laser measurement processes or 3D measuring systems.

The deformation can also be determined mathematically, e.g. with the finite element method, because taking measurements during operation is difficult in some cases.
Alternatively, you can also reference comparable measurements on test rigs.

Permissible deformation of the mating structure under maximum load for standard slewing rings

Metric:

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500
Permissible deformation of the mating structure [mm]	Ball	0.21	0.27	0.35	0.40	0.48	0.50	0.61	0.67	0.80
	Roller	0.16	0.21	0.24	0.27	0.29	0.35	0.37	0.40	0.45

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
Permissible deformation of the mating structure [mm]	Ball	0.93	1.06	1.20	1.33	1.46	1.59	1.73	1.86
	Roller	0.48	0.60	0.66	0.73	0.79	0.86	0.92	1.00

Table 3

Inches:

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000
Permissible deformation of the mating structure [inches]	Ball	0.0083	0.0106	0.0138	0.0157	0.0189	0.0197	0.0240	0.0264
	Roller	0.0063	0.0083	0.0094	0.0106	0.0114	0.0138	0.0146	0.0157

Running tread diameter D_L [mm]	Up to	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500
Permissible deformation of the mating structure [inches]	Ball	0.0315	0.0366	0.0417	0.0472	0.0524	0.0575	0.0626	0.0681	0.0732
	Roller	0.0177	0.0189	0.0236	0.0260	0.0287	0.0311	0.0339	0.0362	0.0394

Table 4

IMPORTANT

The deformation of the mating structure is the total amount of the axial deflection, the misalignment and the radial expansion (or radial constriction) of the mating structure under maximum load.

The flange thickness of the mating structure should be at least 50% of the slewing ring installation height. Additional information on the design of the mating structure is provided in the IMO main catalogues, under the section "Technical fundamentals".

In respect of slewing rings with running tread diameters that fall between the specified sizes, always assume the lower value. In respect of slewing rings that are larger than the largest diameter, use the largest specified value.

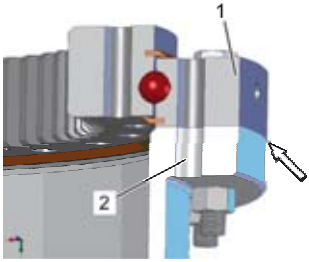


Fig. 18*: Slewing ring fully supported*

Fig. 19*: Slewing ring not fully supported*

The full width of the inner ring and outer ring of the slewing ring must always rest on the mating structure (Fig. 17).

5.2.6 Corrosion protection of the fastening holes and tapped holes

DANGER

- The lateral surface of the holes must be permanently protected against corrosion. The execution of the corrosion protection must take into account the damage to such protection that occurs when bolting on items on site, in particular the rotor blades for example.
- Corrosion protection applied in the factory by IMO must be also be checked after fitting the bolts and touched up if necessary.
- Corrosion of the holes can result in local stress cracks, which can develop into cracks can that can cause the bearing to break. The break can result in a failure of the entire structure, for example, the blade of a wind turbine falling.

5.3 Installing the slewing ring

5.3.1 Hardness gap on the bearing rings

The hardness gap occurs during the raceway hardening and is located between the end and the beginning of the hardening. The hardness gap constitutes a zone with a reduced load-bearing capacity and this must be specifically taken into consideration when positioning the slewing ring (⇨ section 5.3.2 "Positioning the slewing ring").

The position of the hardness gap on each of the bearing rings is defined or marked as follows:

5.3.1.1 In respect of ball slewing rings:

	Slewing ring with inner gearing	Slewing ring with outer gearing	Non-geared slewing ring
Inner ring	S mark	Filling plug	S mark or filling plug
Outer ring	Filling plug	S mark	S mark or filling plug

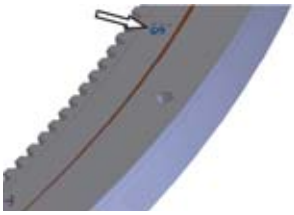


Fig. 20*: S mark*

- S mark:
  Imprinted or sprayed on to the ring surface or lateral surface of the respective ring as letter.

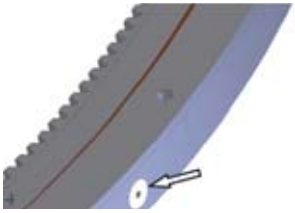


Fig. 21*: Filling plug*

- Filling plug:
  The hardness gap coincides with the filling plug, no other mark is present.

5.3.1.2 In respect of roller bearings and designs without a filling plug

- The hardness gap is always identified by an S mark.

5.3.2 Positioning the slewing ring

DANGER

The determination of the main load-carrying zone must be carried out by skilled personnel with access to the analytical evaluations. Strictly comply with applicable specifications! If the specifications are missing, the Customer Service Department must be consulted (⇨ page 2). Never determine the main load-carrying zone or position the slewing ring on your own. If the slewing ring is not positioned correctly, it may suddenly fail and cause serious personal injuries and/or extensive damage to property. Consequently, strictly follow the steps described here for positioning.

When installing the slewing ring, ensure that the gap between the discharger and the slewing ring is sufficient. The sparkover from the discharger may not damage the slewing ring. Current may not be conducted through the slewing ring.

IMPORTANT

Adhere to the instructions of the system integrator or the wind turbine manufacturer for the precise positioning of the hardness gaps!

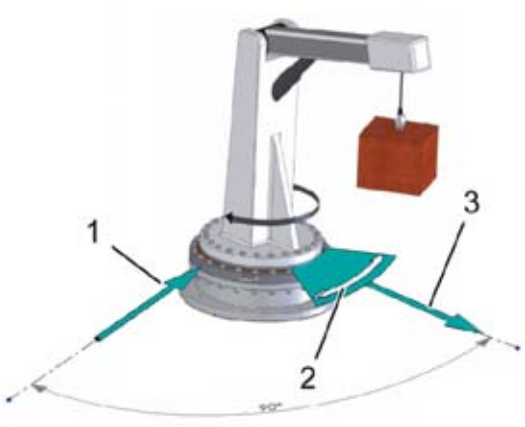


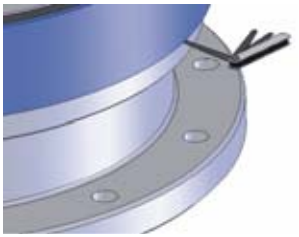
Fig. 22: Illustration of an example of the main load zone

CAUTION! The hardness gap (1) or the filling plug constitutes a zone with a reduced load-bearing capacity in a slewing ring and this must accordingly be taken into consideration in the configuration. Consequently, place this marked point in a reduced load zone if possible.

Procedure:

1. Determine the main load-carrying zone (3).

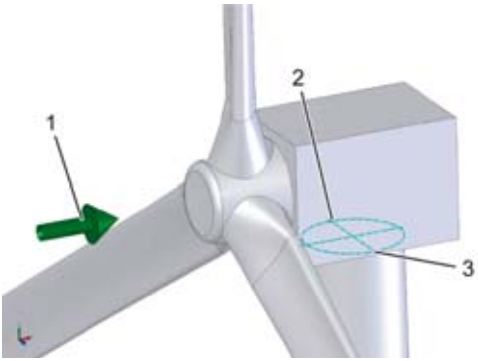
   The main load-carrying zone is the area of the slewing ring that is subject to the greatest stress in view of all the arising forces, torques and load scenarios.
   The main load-carrying zone (3) is normally in the slewing range (2).
   For details regarding the main load-carrying zone or the position of the hardness gap, refer to the documents issued by the system integrator.
   If you have any queries in this regard, contact the system integrator.
2. Align the hardness gap according to the specifications of the system integrator.
   The hardness gap (1) is normally arranged so that it is offset by 90° in relation to the main load-carrying zone (3).



3. Use a feeler gauge to check whether the support surface of the slewing ring is completely supported by the mating structure. If this is not the case, the support surface of the mating structure must be reworked (⇨ section 5.2.3 "Determining the axial runout, angular deviation and deformation").

Fig. 23: Checking the support surface

5.3.2.1 Ideal positioning of the hardness gap of azimuth bearings for wind turbines



(1) Geodesic main wind direction (direction of maximum wind velocity)
(2) Hardness gap S – ring fastened to the azimuth
(3) Hardness gap S – ring fastened to the machine housing

Fig. 24: Typical position of the hardness gap on the azimuth bearing

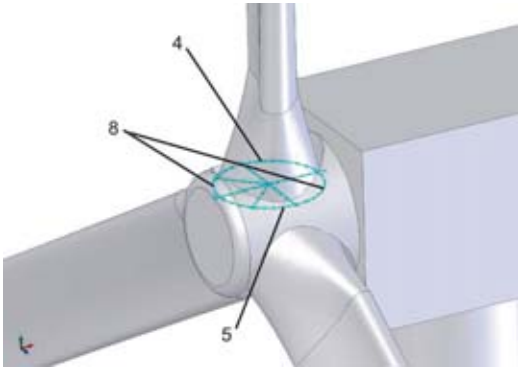


Fig. 25*: Typical position of the hardness gap on the blade bearing with the blade in operating position*

Blade bearing with blade in operating position:

(4) Hardness gap S – ring fastened to the blade

(5) Hardness gap S – ring fastened to the hub

(8) Main load zone tilting moment

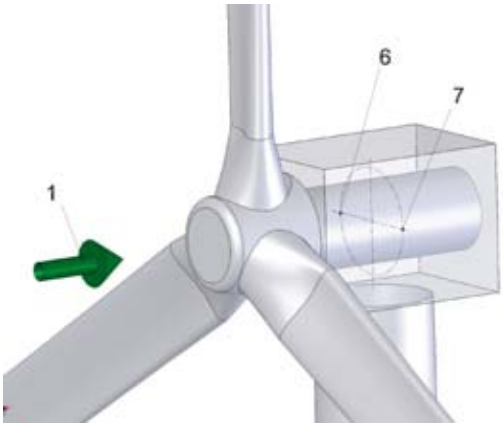


Fig. 26*: Typical position of the hardness gap on the main bearing*

Main bearing

(1) Geodesic main wind direction (direction of maximum wind velocity)

(6) Hardness gap S – ring fastened to the rotor

(7) Hardness gap S – ring fastened to the machine housing

5.3.3 Bolting the slewing ring

IMPORTANT

The end customer or the owner must be instructed as to the tightening process that was used. This process must also be used when servicing the unit to check the bolted union.

Normally, the fastening bolts are adequately secured through the correct assembly pre-tensioning.

If the specifications cannot be complied with, such as the use of fine threads or bolts of a different quality, etc., Customer Service must be contacted (⇨ page 2).

Due to friction coefficient variations, the typical result is α_A = 1.7 so that a controlled installation makes sense (cf. VDI 2230 2003, Table A8).

For fastening bolts from M30 or 1 1/8 - 7 UNC, we recommend using a hydraulic tensioning device (⇨ section 5.3.3.3 "Tightening bolts with a hydraulic tensioning device").

DANGER

When installing and fastening the slewing ring in the turbine, the lateral surface of the holes must be permanently protected against corrosion.

DANGER

The following instructions must be strictly complied with; otherwise, the entire structure will fail. The failure of the entire structure can cause serious personal injuries and/or extensive damage to property:

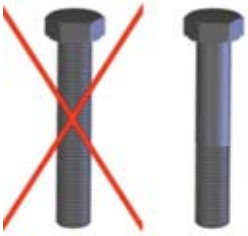


Fig. 27: Do not use bolts with a full-length thread

Bolts:

- Use the quantity, size, quality and strength class in accordance with the IMO calculation or catalogue.
- Only use **new** bolts of the quality class 10.9 EN ISO 898 (metric) or SAE grade 8
- Do **not reuse** bolts, nuts and washers
- Do not use split rings, spring washers, etc.
- Use bolts **with** a continuous thread to the head. Fig. 26
- Use a torque wrench or a hydraulic tensioning device to tighten the bolts.
  Impact screwdrivers may not be used as these can cause impermissible deviations between the bolt tightening forces.

DANGER

The following instructions must be strictly complied with; otherwise, the entire structure will fail. The failure of the entire structure can cause serious personal injuries and/or extensive damage to property:

- If the permissible interface surface pressure for the various materials (see *Table 5*) is exceeded, washers with a hardness of 300 HV must be used for 10.9 EN ISO 898 bolts (see DIN EN ISO 7089). If the material deviates, please contact the Application Engineering Department.

Material	Max. surface pressure	
	In N/mm²	In lbs/in²
S355/C45N	600	87023
46Cr4V/42CrMo4V	800	116030
X20Cr13	600	87023

Table 5

ds = bolt diameter
lk = grip length
le = insertion depth

Fig. 28: Fastening element

- Select the screw length so that the minimum insertion depth is achieved and depending on the tensile strength of the mating structure (see *Table 6*).

Tensile strength R_m of the mating structure		Minimum insertion depth (le)
In N/mm²	In lbs/in²	Strength class 10.9 EN ISO 898 / grade 8
< 500	< 72520	Mating structures are not permissible
500 to 700	72520 to 101525	le = 1.4*ds
700 to 900	101525 to 130535	le = 1.1*ds
over 900	over 130535	le = 0.9*ds

Table 6

- Maintain a grip ratio (grip length to the diameter of the bolt) of at least ≥ 5 to a maximum ≤ 10.

5.3.3.1 Procedure

IMPORTANT

Strictly comply with the procedure specified below to avoid impermissible deviations between the bolt tightening forces:

- Fasten the slewing ring in an unstressed state.
- First fasten the non-geared bearing ring, then fasten the geared bearing ring!

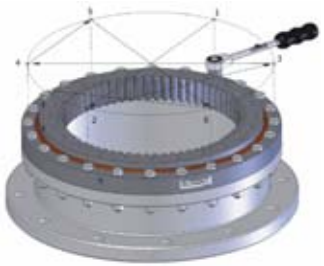


Fig. 29: Tighten crosswise

1. Lubricate the bolt thread if necessary.
   Do not lubricate the bolt thread when locking the bolt thread with adhesive (e.g. with Anti-Seize paste from WEICON GmbH & Co. KG or Micro PE dry lubricant film DF 977S from Microgleit Spezialschmierstoffe GmbH).
2. Pre-tension the bolts crosswise in 3 successive steps with 30%, 80% and 100% of the tightening torque or the hydraulically applied pre-tensioning force (see the tables).
3. Turn the unbolted ring several times during this process. Repeat the procedure for the bearing ring that has not yet been bolted.

5.3.3.2 Tightening bolts with a torque wrench

In calculating the torque in Tables 7 to 10, the following applies:

- F_M and M_A calculated in accordance with VDI guideline 2230 (February 2003)
- Head friction coefficient - bolt μK=0.09 to 0.15
- Thread friction coefficient - bolt μG=0.09 to 0.15 (bolt lubricated)
- Head dimension - hexagon head bolt DIN EN ISO 4014
- The torque wrench has an assembly accuracy of less than ± 3%
- 90% of the bolt yield strength is utilised
- In calculating the tensioning cross-section, the minimum dimension of the pitch diameter and the core diameter was taken into account; Table 7 & 8 in accordance with tolerance class 6g in DIN 13-20
  Table 9 & 10 in accordance with tolerance class 2A in ASME B1.1-2003
- In respect of the torque for bolts larger than M30 or 1 ¼ UNC, please contact Customer Service.

5.3.3.2.1 Tightening torque for metric coarse-pitched threads in accordance with DIN 13 strength class 10.9 EN ISO 898

Tightening torque M_A in Nm with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%	Minimum assembly pre-tensioning force $F_{M\ min}$	Maximum assembly pre-tensioning force $F_{M\ max}$
	Tightening torque M_A in Nm			in kN	in kN
M5	2	5	6.4	6.4	10.3
M6	3	9	11.2	9.1	14.6
M8	8	22	27.2	16.6	27.0
M10	16	43	53.8	26.4	43.1
M12	28	74	92.9	38.5	62.9
M14	45	119	149	53	87
M16	66	177	229	72	119
M18	96	256	320	89	145
M20	135	361	451	113	187
M22	184	492	615	140	233
M24	233	620	775	163	269
M27	341	910	1138	212	354
M30	465	1241	1551	259	431

Table 7

Tightening torque M_A in ft-lbs with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%	Minimum assembly pre-tensioning force $F_{M\ min}$	Maximum assembly pre-tensioning force $F_{M\ max}$
	Tightening torque M_A in ft-lbs			in lbs	in lbs
M5	1	4	4.7	1439	2316
M6	2	7	8.3	2046	3282
M8	6	16	20.1	3732	6070
M10	12	32	39.7	5935	9689
M12	21	55	69	8655	14140
M14	33	88	110	11870	19446
M16	49	131	163	16231	26752
M18	71	189	236	19896	32665
M20	100	266	332	25381	41972
M22	136	363	453	31518	52403
M24	171	457	572	36576	60451
M27	252	671	839	47749	79515
M30	343	915	1144	58315	96870

Table 8

5.3.3.2.2 Tightening torque for inch thread in accordance with ANSI B1.1 SAE grade 8

Tightening torque M_A in Nm with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%	Minimum assembly pre-tensioning force $F_{M\ min}$	Maximum assembly pre-tensioning force $F_{M\ max}$
	Tightening torque M_A in Nm			in kN	in kN
1/4 – 20 UNC	3	8	9.7	9.1	14.1
5/16 – 18 UNC	6	16	20.4	15.1	23.8
3/8 – 16 UNC	11	28	35.1	22.3	35.4
7/16 – 14 UNC	17	44	55.4	30.7	48.8
1/2 – 13 UNC	32	84	105	40	66
5/8 –12 UNC	63	167	209	64	105
3/4 – 10 UNC	111	295	368	96	157
7/8 – 9 UNC	177	473	591	132	218
1 – 8 UNC	266	708	886	173	287
1 1/8 – 7 UNC	377	1005	1257	219	362
1 1/4 – 7 UNC	528	1409	1761	278	462

Table 9

Tightening torque M_A in ft-lbs with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%	Minimum assembly pre-tensioning force $F_{M\ min}$	Maximum assembly pre-tensioning force $F_{M\ max}$
	Tightening torque M_A in ft-lbs			in lbs	in lbs
1/4 – 20 UNC	2	6	7.2	2046	3170
5/16 – 18 UNC	4	12	15.0	3395	5350
3/8 – 16 UNC	6	21	25.9	5013	7958
7/16 – 14 UNC	10	33	40.9	6902	10971
1/2 – 13 UNC	19	62	78	9060	14770
5/8 –12 UNC	37	123	154	14455	23695
3/4 – 10 UNC	65	217	272	21469	35362
7/8 – 9 UNC	105	349	436	29675	49053
1 – 8 UNC	157	523	653	38982	64498
1 1/8 – 7 UNC	222	741	927	49166	81268
1 1/4 – 7 UNC	312	1039	1299	62474	103907

Table 10

5.3.3.3 Tightening bolts with a hydraulic tensioning device

Observe the instructions in the operating manual of the hydraulic tensioning device! The operating manual of the hydraulic tensioning device sets out how hydraulic pressure is converted to pre-tensioning force.

DANGER	**Do not exceed the prescribed hydraulic pressure when pre-tensioning the bolts.** **The bolt pre-tension must not exceed 90% of the bolt yield strength (see tables).** **Excess hydraulic pressure can cause a failure of the bolted union with the mating structure and, in consequence, to serious personal injuries and/or extensive damage to property.**
IMPORTANT	**When using different threaded bolts or other strength classes, you must consult Customer Service (⇨ page 2).**
Explanatory note to the tables	■ 90% of the bolt yield strength is utilised ■ In calculating the tensioning cross-section, the minimum dimension of the pitch diameter and the core diameter was taken into account; Table 11 & 12 in accordance with tolerance class 6g in DIN 13-20 Table 13 & 14 in accordance with tolerance class 2A in ASME B1.1-2003 ■ A rebound of approx. 10-20% corresponds to α_a of approx. 1.2
Controlled pre-tensioning of the bolts	In respect of 12.9 bolts, use a tensioning device that is one thread size larger and an interchangeable bushing with matching thread, i.e. the increased space requirements must be considered when tensioning. The bolt pre-tension can be determined during assembly by measuring the bolt length in an installed state. Suitable methods for this are: ■ Ultrasonic test ■ Mechanical measurement (e.g. micrometer gauge) ■ Special bolts/nuts

5.3.3.3.1 Assembly pre-tensioning force for metric coarse-pitched threads in accordance with DIN 2510, strength class 10.9 EN ISO 898

Assembly pre-tensioning force F_M in kN with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%
	Assembly pre-tensioning force F_M[1] in kN		
M24	85	227	284
M27	112	298	373
M30	137	364	455
M33	170	452	565
M36	200	533	666
M39	239	638	798
M42	275	734	917
M45	321	857	1071
M48	362	966	1207
M52	433	1155	1444
M56	500	1334	1668
M60	581	1550	1937
M64	660	1759	2199
M68	755	2012	2515

Table 11

Assembly pre-tensioning force F_M in lbs with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%
	Assembly pre-tensioning force F_M[1] in lbs		
M24	19154	51077	63846
M27	25156	67083	83854
M30	30686	81830	102288
M33	38105	101614	127017
M36	44917	119778	149723
M39	53819	143518	179398
M42	61845	164920	206150
M45	72231	192616	240770
M48	81403	217076	271344
M52	97387	259699	324624
M56	112494	299985	374981
M60	130636	348364	435455
M64	148306	395484	494355
M68	169618	452316	565394

Table 12

[1] F_M for the hydraulic tensioning device, pre-tensioned to 90% of the yield strength

5.3.3.3.2 Assembly pre-tensioning force for inch thread in accordance with ANSI B1.1 SAE grade 8

Assembly pre-tensioning force F_M in kN with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%
	Assembly pre-tensioning force F_M[1] in kN		
1 – 8 UNC	93	248	310
1 1/8 – 7 UNC	117	312	390
1 1/4 – 7 UNC	149	398	497
1 3/8 – 6 UNC	178	474	592
1 1/2 – 6 UNC	216	577	721
1 3/4 – 5 UNC	293	780	975
2 – 4.5 UNC	385	1027	1284
2 1/4 – 4.5 UNC	501	1337	1671
2 1/2 – 4 UNC	617	1646	2058
2 3/4 – 4 UNC	763	2034	2542

Table 13

Assembly pre-tensioning force F_M in lbs with incremental tightening

Fastening bolt dimensions	Step 1 30%	Step 2 80%	Step 3 100%
	Assembly pre-tensioning force F_M[1] in lbs		
1 – 8 UNC	20907	55753	69691
1 1/8 – 7 UNC	26303	70140	87675
1 1/4 – 7 UNC	33519	89384	111730
1 3/8 – 6 UNC	39926	106470	133087
1 1/2 – 6 UNC	48626	129670	162087
1 3/4 – 5 UNC	65757	175351	219189
2 – 4.5 UNC	86596	230924	288655
2 1/4 – 4.5 UNC	112697	300525	375656
2 1/2 – 4 UNC	138797	370125	462657
2 3/4 – 4 UNC	171439	457171	571464

Table 14

[1] F_M for the hydraulic tensioning device, pre-tensioned to 90% of the yield strength

5.3.4 Tilting clearance measurement

Tilting clearance increases as raceway system wear increases. In order to determine the amount by which the tilting clearance is to be increased, a reference measurement must be taken after installation and documented prior to commissioning. This is the only way to determine that changes have occurred.

In respect of wind turbines:

- If possible, take the measurement at wind speeds under 4 m/s.
- Record the wind speed.

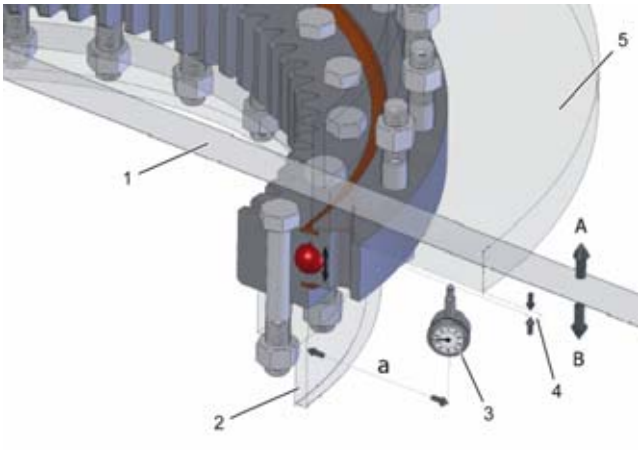


Fig. 30*: Tilting clearance measuring arrangement*

1 Main load direction A - B
2 Lower mating structure
3 Dial gauge
4 Tilting clearance
5 Upper mating structure

Procedure:

Tilting clearance measurement

1. Switch off the system and safeguard it from being restarted.
2. Permanently mark the measuring point on all bearing rings in the main load direction.
3. Attach the dial gauge as shown in Fig. 30.
4. Apply defined tilting moment, at least 50% of the maximum operating load, in direction "A".
5. Set dial gauge to zero.
6. Apply defined tilting moment, at least 50% of the maximum operating load, in direction "B".

   The displayed measured value m1 corresponds to the existing tilting clearance and serves as the base value that will be used for comparison at later inspections.
7. Log and document all the measured values.

- All subsequent inspections must be carried out at the same measuring point, with the same loads, at the same position of the bearing rings in relation to each other and in the same sequence.
- In respect of purely axial or radial loads, perform the tilting clearance check by applying an additional tilt load.

5.3.4.1 Tilting clearance measurement for triple-row roller slewing rings

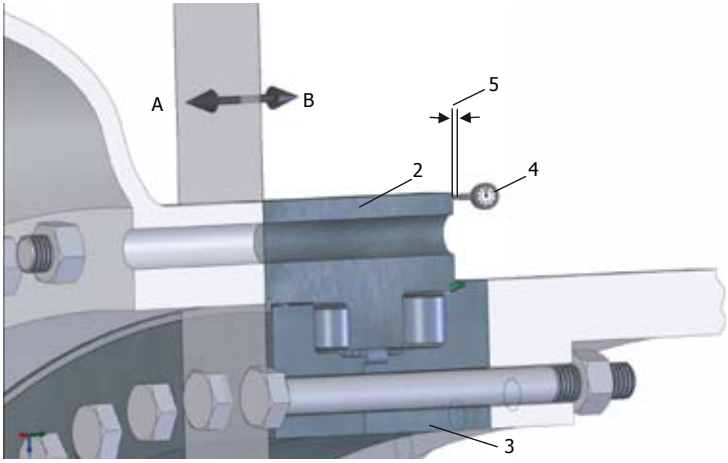


Fig. 31*: Axial tilting clearance measurement*

1 Main load direction A - B
2 Main bearing outer ring
3 Stationary inner ring
4 Dial gauge
5 Axial clearance

Procedure:

Tilting clearance measurement

1. Carry out the measurement as described under "Determining the tilting clearance".

5.3.5 Radial clearance measurement for triple-row roller slewing rings

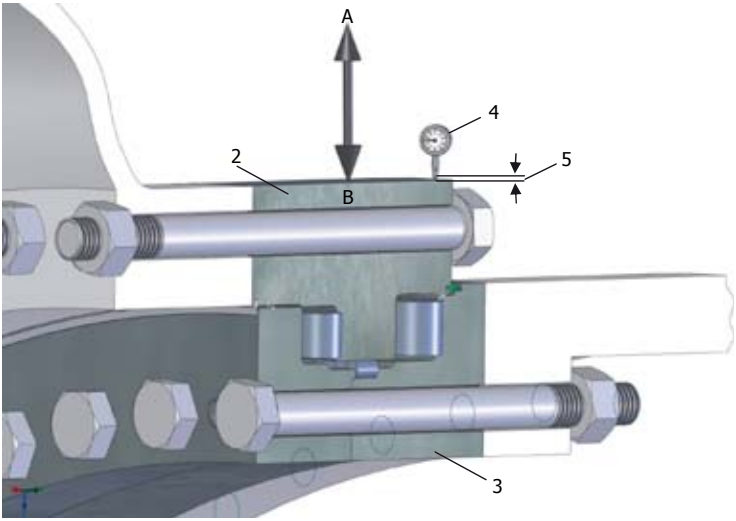


Fig. 32: Radial clearance measurement

1 Main load direction A - B
2 Outer ring
3 Stationary inner ring
4 Dial gauge
5 Radial clearance

Procedure:

Radial clearance measurement

1. Switch off the system and safeguard it from being restarted.
2. Permanently mark the measuring point in the main load direction of the radial load.
3. Attach the dial gauge as shown in Fig. 28 .
4. Apply the defined radial load in direction A. When doing so, you must compensate for the existing radial load.
5. Set dial gauge to zero.
6. Reduce the defined radial load to zero (only the external radial load is still active).
   The displayed measured value m1 corresponds to the existing radial clearance and serves as the base value that will be used for comparison at later inspections.

- Due to the deflection of the raceway systems and the mating structure, the values determined in this way may vary from the clearance specifications in the drawing and serve as reference values for the specified installation.

5.3.6 Determining the amount of settling

IMPORTANT

Measuring of the amount of settling is only permissible for predominantly axially loaded slewing rings.
$M_{Kmax} < D_L / 4000 * F_{ax}$
If you have any questions, please contact the Application Engineering Department.

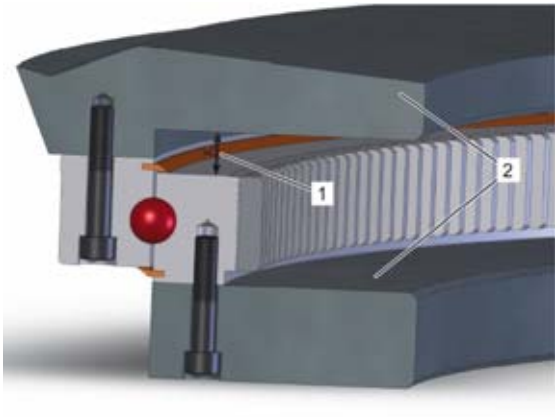


Fig. 33: Measuring points for determining the amount of settling

1 Measuring points for determining the amount of settling
2 Mating structures

Procedure:

Determining the settlement amount

- Apply the markings to the bearing in the X-planes (⇨ Fig. 27) A-A, B-B, C-C, D-D on the inner and outer ring before installation.

Select the type and placement of the markings so that they can be found and remain accessible after completion of installation. The filling plug and hardness gap must be centred between two marking planes.

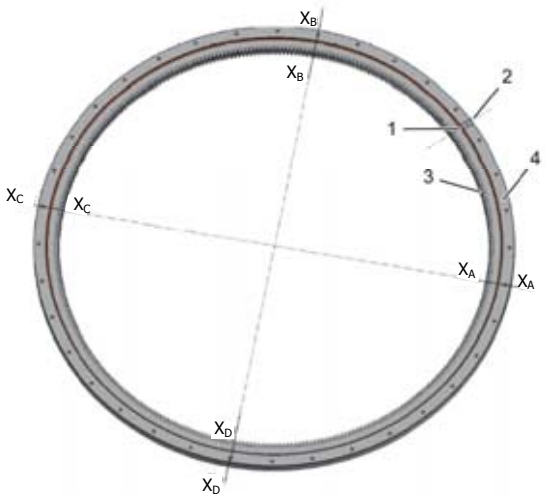


Fig. 34*: Marking of the slewing ring*

1 Hardness gap
2 Filling plug
3 Geared inner ring
4 Non-geared outer ring

- After installation and the attachment of all connecting components, the initial measurement is taken prior to the final commissioning of the turbine.
- Log and document all the measured values.
- Perform the measurement directly on the bearing if the installation permits this.
- The measuring points are in the four marking planes and the markings of the inner ring and outer ring must agree.
- After the initial measurement, the four values X_{AG} to X_{DG} are available (see also section 6.4.2 "Checking the tilting clearance and amount of settling").

If the slewing rings are to be primarily or exclusively subjected to radial loads, consult Customer Service
⇨ page 2).

5.3.6.1 Determination of the amount of settling for azimuth bearings of wind turbines

- The rotor must be in the wind direction. After installation and the attachment of all connecting components, the initial measurement is taken prior to the final commissioning of the turbine.
- Log and document all measured values including wind speed.

- Perform the measurement directly on the bearing if the installation permits this.
- The measuring points are in the four marking planes and the markings of the inner ring and outer ring must agree.
- After the initial measurement, the four values X_{AG} to X_{DG} are available (see also section 6.4.2 "Checking the tilting clearance and amount of settling").

5.3.7 Adjusting the circumferential backlash

During the installation of toothed slewing rings and gear rims, the circumferential backlash between the slewing ring and pinion or between the annular gear and pinion must be adjusted.

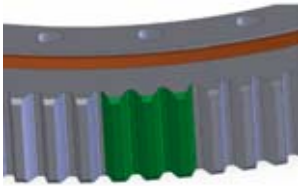


Fig. 35*: Green mark*

1. At the green mark (the narrowest point of the gear teeth), adjust the circumferential backlash to the specified set point.

- The set point δ_f in mm is:
  δ_f = 0.03 to 0.04 x m
  m = modulus in mm (refer to drawing)
- The set point δ_f in inches is:
  δ_f = 0.03 to 0.04 x 1/P_d
  P_d = diametral pitch in 1/inch (refer to drawing)

IMPORTANT! Do not exceed or undercut the specified set point. Failure to comply with this instruction may cause damage to the slewing ring.

- In respect of segment hardened gear tooth systems or segment gearing, pay attention to the proper position.

2. Use a feeler gauge to measure the circumferential backlash.
- If deviations to the specified values are determined at the narrowest point, the axial clearance must be corrected by sliding the pinion.
- In respect of non-sliding pinions, correct the axial clearance by releasing, adjusting and retightening the slewing ring. If this is not possible, e.g. due to existing centring elements, contact the Customer Service (⇨ page 2).

3. Finally, move the slewing ring through the entire operating range. While doing so, ensure that there are no constrictions.

Fig. 36*: Checking the circumferential backlash with a feeler gauge*

Depending on concentricity of the gears, the installation tolerances, the gearing dimensions, etc., significantly greater circumferential backlash values may arise at the widest point of the gear pairing.

In respect of the pinion, ensure that the modulus and the pressure angle correspond to that of the slewing ring. The relevant information is provided in the respective drawings.

In respect of slewing rings or gear rims in which the gearing is only hardened in one segment, ensure that the teeth under load are always in the area of the hardened segment. In this case, the circumferential backlash is also adjusted at the green mark.

Installation and commissioning

WARNING! In respect of slewing rings in which the gearing is cut in only one segment, ensure that there are limit stops so that the pinion never runs into the non-geared area. There is extreme risk of fracture. Improper installation and commissioning can cause serious personal injuries and/or extensive damage to property.

Recommended backlash [mm] in the area of the narrowest point:

Modulus in mm	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**
Permissible backlash δ_f	0.12-0.16	0.15-0.20	0.18-0.24	0.24-0.32	0.30-0.40

Modulus in mm	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
Permissible backlash δ_f	0.36-0.48	0.42-0.56	0.48-0.64	0.54-0.72	0.60-0.80

Modulus in mm	**22**	**24**	**25**	**28**	**30**
Permissible backlash δ_f	0.66-0.88	0.72-0.96	0.75-1.00	0.84-1.12	0.90-1.20

Table 15

Recommended backlash [inches] in the area of the narrowest point:

Modulus in mm	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**
Permissible backlash δ_f	0.0047-0.0063	0.0059-0.0079	0.0071-0.0094	0.0094-0.0126	0.0118-0.0157
Modulus in mm	**12**	**14**	**16**	**18**	**20**
Permissible backlash δ_f	0.0142-0.0189	0.0165-0.0220	0.0189-0.0252	0.0213-0.0283	0.0236-0.0315
Modulus in mm	**22**	**24**	**25**	**28**	**30**
Permissible backlash δ_f	0.0260-0.0346	0.0283-0.0378	0.0295-0.0394	0.0331-0.0441	0.0354-0.0472

Table 16

Recommended backlash [inches] in the area of the narrowest point:

Diametral pitch in 1/in	**5**	**4**	**3.5**	**3**	**2.5**	**2**	**1.75**	**1.5**	**1**
Permissible backlash δ_f	0.006-0.008	0.008-0.010	0.009-0.011	0.010-0.013	0.012-0.016	0.015-0.020	0.017-0.023	0.020-0.026	0.03-0.04

Table 17

CAUTION! In respect of gearing that is not listed in the table, contact IMO Customer Service (⇨ page 2). Insufficient circumferential backlash results in constraining forces (risk of fracture), premature gearing wear and can damage the pinion drive. Excessive circumferential backlash may cause oscillation, vibrations and damage to the tooth flank!

5.4 Function test

The slewing ring or gear rim must rotate uniformly. Deviations in the mating structure as well as the influence of exterior loads can significantly affect the rotation resistance.

- Move the installed slewing ring in the entire operating range several times. Check whether the slewing ring turns uniformly and smoothly.
- After the function test, check the tightening torque of the fastening bolts.

In respect of wind turbines:

- Main bearings are subject to a run-in process in the first three months. The bearing temperature must be documented during this time. Based on past experience, the temperature of main bearings is somewhat higher during the run-in phase. If the bearing temperature rises above 80° C during this phase, Customer Service must be contacted (⇨ page 2).
- If the main bearings are subjected to a test run during installation or in a test facility, it must be ensured that the bearings are sufficiently lubricated. If necessary, the area of the seal contact surfaces must be greased manually.

6 Maintenance

6.1 Safety

DANGER

Prior to starting the work, switch off all sources of power and safeguard them from being switched on again. When performing maintenance work there is a danger of the energy supply being switched on inadvertently. This constitutes a life-threatening risk for persons in the danger zone.

WARNING

Prior to starting the work, ensure that there is sufficient space for the installation. Ensure that the installation site is clean and tidy! Parts and tools that are lying loose or on top of each other are accident hazards! If components have been removed, ensure that they are properly reinstalled, all fastening elements are reinstalled and all threaded connections are tightened with the specified bolt-tightening torque. Improper maintenance may cause serious personal injuries and/or extensive damage to property.

Personnel

- Only qualified, skilled personnel may perform maintenance and inspection work.

Personal protective equipment

Wear the following personal protective equipment for all maintenance work:

- Protective work clothing
- Protective gloves
- Safety footwear

Environmental protection

Comply with the following instructions for environmental protection when performing maintenance work:

- Remove the escaping, used or excess grease at all lubricating points where lubricant is applied by hand and dispose of it in accordance with the applicable local regulations.
- Collect used oil in suitable containers and dispose of it in accordance with the applicable local regulations.

6.2 Maintenance of slewing rings

- All maintenance must be performed by skilled, qualified personnel.
- In principle, all maintenance work must be logged.
- In the following sections, the maintenance tasks are described that are required for optimal and trouble-free operation.
- Our Customer Service Department is available to answer your questions in respect of the maintenance tasks and maintenance intervals (⇨ page 2).

6.2.1 Relubrication intervals

DANGER

Inadequate lubrication can severely restrict the functional capacity and the service life of the slewing ring and, in extreme cases, cause a malfunction.

- The main cause for the failure of slewing rings is inadequate lubrication!
- The relubrication intervals essentially depend on the existingworking and environmental conditions as well as the version of the slewing ring.

IMPORTANT

If IMO provides more specific information for maintenance, the more specific information applies!

Slewing rings must always be relubricated:

- During commissioning.
- After every cleaning, e.g. hosing down with water, washing systems, etc.
- Before and after longer periods of standstill, e.g. in respect of cranes and construction machines during the winter months.

Table 18: Guidelines for grease relubricating intervals in Table 18 only apply in the following circumstances:

- The operating temperature of the slewing ring in the range of -25° C to 70° (-13° F to 158° F)
- The circumferential velocity is in the permissible range
- Low to moderate load

IMPORTANT

- If increased wear is noticed, the maintenance intervals must be shortened.
- Precise relubrication intervals can only be determined by tests under operating conditions.
- If dry or hardened grease appears, the lubricating intervals must be shortened!

Working conditions	Lubricating intervals
Dry and clean workshop (Lathes/robots, etc.)	Approx. every 300 operating hours, however at least every 6 months
Difficult conditions in open terrain (Cranes/excavators, etc.)	Approx. every 100 operating hours, however at least every 4 months
Aggressive climactic conditions – maritime climates, desert environments, arctic climates, extremely polluted environments, ≥ 70 operating hours per week	Every 50 operating hours, however at least every 2 months
Extreme conditions, continuous operation (tunnel boring machines/steel plants)	Continuous lubrication (through central lubrication or grease cups)

Table 18: Guidelines for grease relubricating intervals

6.3 Maintenance schedule for slewing rings

Interval	Maintenance task
Weekly	Visual inspection of the greasing of the slewing ring and gearing
	Check the seal
After initial commissioning, 1000 operating hours OR 2 months	Check the bolt pre-tension and tighten if necessary
	Check and document the tilting clearance and settling amount
As per Table 18	Lubricate the slewing ring and gearing
	Check the bolt pre-tension and tighten if necessary
	Check the tilting clearance and settling amount
	Check the grease collecting containers and replace if necessary

Table 19

6.4 Maintenance schedule for main bearings of wind turbines

Interval	Maintenance task
Weekly	Grease the main bearing using the central lubricating system
Weekly during the first 3 months	Check and document the bearing temperature
	Document the quantity of grease supplied and discharged Check the grease outlet holes for blockages
3 months after commissioning	Check the bolt pre-tension and tighten if necessary
	Check the tilting clearance and settling amount or use the monitoring system to record these
Every 3 months	In the case of manual regreasing: grease the main bearing
Every 6 months	Check the grease collecting containers and replace if necessary
	Clean the grease outlet holes
	Check the seal
Every 12 months	Check the bolt pre-tension and tighten if necessary
	Check the tilting clearance and settling amount
	Remove and store grease samples

Table 20

6.5 Cleaning

IMPORTANT

Use cold solvents (e.g. white spirit, diesel oil) that do not corrode the sealing material. Cleaning agents may not penetrate into the slewing ring. Do not use a high-pressure cleaner to clean the slewing ring. Unsuitable cleaning agents damage the seal and can damage the bearing.

Wear the following additional protective equipment for cleaning tasks:

Face mask
To protect the eyes and face from solvents.

Chemical-resistant protective gloves
To protect hands from aggressive substances.
Check the protective gloves for leaks prior to use. Clean the gloves before pulling them off, then store them in a well-ventilated location.

- When using cleaning agents, ensure that there is adequate ventilation.
- Remove used grease, dust and dirt with a lint-free cloth.

6.6 Bolt pre-tension

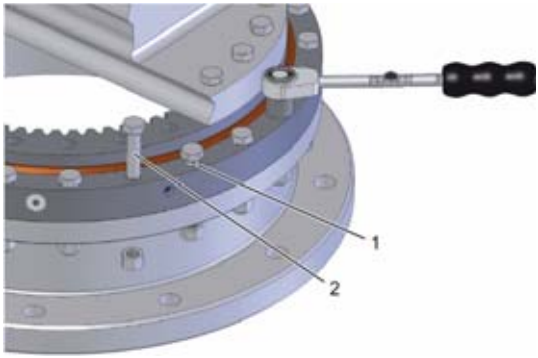


Fig. 37: Inspecting the fastening bolts

1 Loosened bolt
2 Detached bolt

Only a specialist may carry this out.

- Special tools required:
  - Torque wrench
  - Hydraulic tensioning device
- After extreme loads (storms), the bolts must be checked separately.
- Replace loose and detached bolts or nuts and washers with new bolts or new nuts and washers.
- Use the same bolt size and bolt quality.

When checking the bolted union, always use the same tightening procedure as specified for the installation of the slewing ring. If a hydraulic tensioning device was used to tighten the bolts, then a hydraulic tensioning device must also be used to check the bolt pre-tension.

6.7 Checking the tilting clearance and settling amount

Tilting clearance

The value m1 determined at the installation serves as the base value (see the section "Determination of tilting clearance").

- Determine the verification measurement value m_x as described in the section "Determining the tilting clearance".
- Subtract the base value m1 from the value m_x of the verification measurement:
  $\delta_k = m_x - m_1 \leq 2 * S_{n_perm.}$
  $S_{n_perm.}$ = see Table 19

IMPORTANT! **Do not exceed the specified value for increasing the tilting clearance.**

CAUTION! If the maximum permissible tilting clearance is reached, then the system must be brought to a standstill and the slewing ring replaced immediately as the safe operation can no longer be guaranteed.

Settling amount

The measured values X_{AG} to X_{DG} determined at installation serve as the base values (see chapter "Determining the settling amount").

- Determine the settling amount as described in "Determining the settling amount".

IMPORTANT! **Do not exceed the specified settling amount.**

Base values	X_{AG}	X_{BG}	X_{CG}	X_{DG}

Minus the wear measurement	$X_{A1...n}$	$X_{B1...n}$	$X_{C1...n}$	$X_{D1...n}$
= Settling amount	$S_{A1...n}$	$S_{B1...n}$	$S_{C1...n}$	$S_{D1...n}$

Settling amount: Difference between the measured value of the initial measurement and the actual determined measured value at points A to D.

X_{AG} to X_{DG}: Values of the initial measurement

$X_{A1...n}$ to $X_{D1...n}$: Actual measured values

$S_n = X_G - X_n < S_{n_perm.}$: Settling amount at position A to D

The maximum permissible removal clearance depends on many factors and must be specified individually for the respective turbine. However, the values in the tables below apply as the upper limit values at which the slewing ring must, in any event, be replaced.

Permissible amount of settling

Roller bearing diameter dw [mm]	**12**	**16**	**20**	**25**	**32**	**40**	**45**	**50**	**60**	**70**	**80**	**100**
Ball removal clearance $S_{n\ perm.}$ [mm]	0.51	0.58	0.65	0.74	0.86	1.00	1.09	1.17	1.35	1.52	1.70	2.05
Ball removal clearance $S_{n\ perm.}$ [inches]	0.0201	0.0228	0.0256	0.0291	0.0339	0.0394	0.0429	0.0461	0.0531	0.0598	0.0669	0.0807
Roller removal clearance $S_{n\ perm.}$ [mm]	0.09	0.12	0.16	0.20	0.26	0.32	0.37	0.41	0.49	0.58	0.66	0.83
Roller removal clearance $S_{n\ perm.}$ [inches]	0.0035	0.0047	0.0063	0.0079	0.0102	0.0126	0.0146	0.0161	0.0193	0.0228	0.0260	0.0327

Table 21

Fig. 38*: Drawing number*

The bearing design (1), the size of the roller bearing diameter dw (2) and of the running tread diameter D_L (3) is contained in the drawing number and is shown on the accompanying documents or the type plate. In bearing design (1), numbers 1 and 4 stand for a ball bearing, the number 3 stands for a roller bearing. All the dimensions in the drawing number are metric, designated in [mm].

6.8 Relubricating the slewing ring

DANGER

Inadequate lubrication can severely restrict the functional capacity and the service life of the slewing ring and, in extreme cases, cause a malfunction.

WARNING

Always follow the instructions provided by the manufacturer of the lubricant and comply with the applicable safety instructions when using lubricants.

- An automatic relubricating system significantly facilitates relubrication for the raceway system and the gearing. The functional safety as well as wear are improved.
- In this regard, please ensure that the lines are filled with grease at commissioning and that the storage tanks are regularly topped up with grease.
- Relubricate slewing rings after each cleaning and after longerperiods of standstill. During periods of standstill, move all slewing rings once a day if possible.

Procedure for the relubrication

1. Apply grease consistently through all the provided lubricating holes.
2. Use all the provided grease outlet holes. They must be cleaned on commissioning and every 6 months to ensure that grease can be discharged without difficulty.
3. Use the shortest possible lines with the largest cross section.
4. If collecting containers are used, observe the information in section 6.8.2.

6.8.1 Lubricants (grease)

The selection of the lubricant depends on the load, the operational conditions, the speed and the availability of the lubricant. The lubricants listed in the table have been tested for compatibility by IMO and are approved for use with IMO seals and spacers. This list will be updated regularly. The latest version can be found in the download section at www.imo.de.

IMPORTANT

- Only new lubricants may be used for relubrication.
- The lubricant for the raceway and the gearing is prescribed by the system manufacturer and is specified in the order drawing or on the type plate of the slewing ring.
  If the order drawing or the type plate do not provide any information as to the lubricant, the slewing ring must be filled with a lubricant that has a KP2K-30 designation according to DIN 51502. See Table 22 for comparable lubricants.
  In principle, the manufacturer of the central lubrication system should be consulted to ensure that the lubricant is suitable for the lubricating system.
- Other lubricants may only be used with the explicit consent of the system manufacturer and IMO. If in doubt, consult Customer Service (⇨ page 2).
- **Using the wronglubricant invalidates the warranty and can result the slewing ring being damaged!**

Lubricants for the raceway system instead of the IMO standard lubricant

Manufacturer	Product name	Operating temperature according to manufacturer in °C	Operating temperature according to manufacturer in °F
Aral	Aralub HLP 2	-30 °C to +130 °C	-22 °F to 266 °F
Bechem	High-Lub L 2 EP	-20 °C to +120 °C	-4 °F to 248 °F
BP	Energrease LS-EP 2	-25 °C to +130 °C	-13 °F to 266 °F
Dow Corning	Molycote Longterm 2 Plus	-25 °C to +110 °C	-13 °F to 230 °F
Fuchs Lubritech	Gleitmo 585 K	-45 °C to +130 °C	-49 °F to 266 °F
Fuchs Lubritech	Stabyl EOS E2	-40 °C to +130 °C	-40 °F to 266 °F
Fuchs Lubritech	Stabyl LT 50	-50 °C to +130 °C	-58 °F to 266 °F
Klüber	Centoplex 2 EP	-20 °C to +130 °C	-4 °F to 266 °F
Mobil	Mobil SHC 460 WT	-30 °C to +130 °C	-22 °F to 266 °F
Rhenus	Norlith LZN 2	-30 °C to +130 °C	-22 °F to 266 °F

Table 22

Lubricants for the gearing

Manufacturer	Product name	Operating temperature according to manufacturer in °C	Operating temperature according to manufacturer in °F
Aral	Aralub LFZ 1	-30 °C to +130 °C	-22 °F to 266 °F
Bechem	Berulit GA 400	-20 °C to +120 °C	-4 °F to 248 °F
BP	Energol WRL	-20 °C to +120 °C	-4 °F to 248 °F
Fuchs Lubritech	Stabyl EOS E2	-40 °C to +130 °C	-40 °F to 266 °F
Klüber	Grafloson CA 908	-20 °C to +180 °C	-4 °F to 356 °F
Klüber	Klüberplex AG 11-462	-40 °C to +150 °C	-40 °F to 302 °F
Manke	Voler Compound 2000E	-30 °C to +120 °C	-22 °F to 248 °F
Rhenus	Norplex AKG 0	-20 °C to +200 °C	-4 °F to 392 °F

Table 23

6.8.2 Grease collecting containers (collecting pockets)

IMPORTANT

If **no grease** is **discharged** into the collecting containers or if **dry or hard grease is discharged**:
- **Immediately** clean the outlet openings
- Check the function of the entire lubricating system

- Check the fill level of the collecting containers every 6 months, replace if necessary.
- Collecting containers must have a venting mechanism.
- Document maintenance tasks (grease quantity per tank, unblocked the grease outlet holes).
- Otherwise, remove the grease escaping at the outlet side of the seal when performing maintenance tasks (only for slewing rings with an open seal on one side).
- The collecting containers must be replaced after a fill level of 50% is reached.
- If the filling containers remain empty, clean the grease outlet holes and check that they are unblocked. Check the function of the entire lubrication system. Make sure the required quantity of grease reaches the bearing and can then escape.

Only grease from the system may be collected in the collecting containers.

6.8.3 Manual relubrication of the raceway

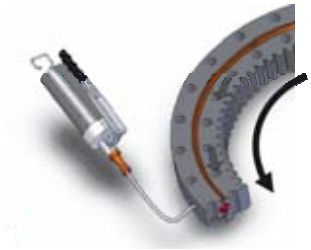


Fig. 39*: Turning through when lubricating*

- In succession, press grease into all lubricating nipples while simultaneously turning the slewing ring all the way through, until a continuous collar of new grease forms under at least one seal.
- Ensure that old lubricant can escape without obstruction.
- During the regreasing process, turn the bearing rings toward each other. Comply with the accident-prevention regulations during this process.

Fig. 40*: Grease collar when lubricating*

6.8.4 Relubrication of slewing rings for wind turbines

IMPORTANT

In respect of main bearings a central lubrication system with an integrated empty message is mandatory!
The system must switch off automatically when an empty message or error message is issued.

If no relubricating quantity has been specified for the system, you can determine the weekly relubricating quantity m_{lb} for the raceway system of the blade and azimuth bearings by means of the following equation:

$$m_{lb} = \frac{D_L * d_w^2}{150000} \left[\frac{Gramm}{Woche}\right]$$

In respect of the gearing, this results in a weekly relubrication quantity m_{vz}:

$$m_{vz} = \frac{m * z * b}{5000} \left[\frac{Gramm}{Woche}\right]$$

In which:

D_L = Running circle diameter of the roller bearings in mm

d_w = Roller bearing diameter in mm

m = Modulus in mm

z = Tooth count of the slewing ring or the gear rim

b = Tooth width in mm

On request, IMO can calculate the necessary relubrication quantities. Please contact Customer Service (⇨ page 2) for this purpose.

When relubricating manually, relubricate at least after 3 months. In doing so, use 15x the quantity of m_{lb} and m_{vz}.

6.8.5 Manual relubrication of the gearing

Fig. 41: Greasing the gearing

Ensure that foreign particles cannot get into the gearing.

The gearing must be adequately supplied with grease to avoid excessive wear and noise. The required quantity primarily depends on the lubrication system that is used.

Procedure:

1) Switch off the device and safeguard it from being restarted.
2) Remove excess and used grease.
3) Apply the fresh grease close to the pinion mesh.
4) Use a clean brush to apply grease to the gearing of the slewing ring. Instead of a brush, the grease can also be sprayed on or applied with a suitable lubricating device (e.g. lubricating pinion).

Adhesive lubricants have proven to be particularly effective for the gearing in open transmissions.

Automatic relubrication systems for the raceway system and the gearing significantly facilitate relubrication and sustainably improve the functional reliability.

6.9 Taking grease samples

Fig. 42: Grease sample retrieval set

For an exact determination of the wear status, grease samples must be taken from all rings.

The grease sample retrieval set comprises:

- Grease collecting container (volume ≥ 100 ml)
- Grease press with hose (volume ≥ 100 ml)
- Self adhesive labels for labelling the grease collecting container.

Procedure for taking a grease sample:

1) Define the grease outlet holes of the slewing ring. They must be in the main load zone. If necessary, refer to the drawing.
2) Remove the grease collecting containers.
3) Attach a grease gun with a hose to a grease outlet hole. When extracting the grease, slide the hose further into the grease outlet hole.
4) Discharge the grease into a collecting container (one sample per container).
5) Mark the grease collecting container with a label. This must include: the serial number, ring number, position of the removal hole
6) Reattach the grease collecting containers.
7) Repeat the process for each grease outlet hole, and replace the hose when switching from the inner to the outer ring.

6.10 Inspecting the seals

IMPORTANT

Damaged seals must be replaced immediately. If there is corrosion damage or functional impairment due to damaged seals not being replaced at the proper time, any claim in terms of the warranty is invalidated. Penetrating moisture can quickly cause corrosion in the raceway system and impair the safe operation.

- Replacement seals are available from IMO (⇨ page 2), subject to the drawing number, serial number or the information on the type plate being furnished.

- The replacement seals can be cut to the required length and installed with simple tools.

If you have any questions, please contact Customer Service (⇨ page 2). On request, Customer Service will provide you with a video of the individual steps involved in replacing seals.

In respect of main bearings in wind turbines:

If replacement is necessary, notify IMO in good time. Seals for main bearings are specially manufactured profiles that must be manufactured separately in order to replace them.

Small quantities of grease can escape through the seal. This is normal and does not constitute a defect.

During the test run of main bearings, always ensure that there is sufficient lubrication of the raceway system and the sealing lips.

The amount of relubrication required depends largely on the operating temperature of the main bearing. This must be clarified with the manufacturer of the lubricant.

6.11 Measures after completion of maintenance

Execute the following steps after concluding maintenance tasks and before switching the system on:

1. Check that all the previously loosened bolted unions are firmly seated again.
2. Ensure that all previously removed protective devices and covers have been properly reinstalled.
3. Ensure that all the tools, materials and other equipment used have or has been removed from the work area.
4. Clean the work area and remove any substances that may have escaped, such as liquids, processing materials or similar items.
5. Ensure that all the system safety devices are functioning properly again.

7 Dismantling

Unauthorized opening of the slewing ring invalidates the manufacturer's warranty.

At the end of the service life, the slewing ring must be disassembled and disposed of in an environmentally responsible manner.

7.1 Safety

WARNING

Prior to starting work, ensure that there is adequate free space. Handle open, sharp-edged components carefully. Ensure that the workplace is clean and tidy! Parts and tools that are lying loose or on top of each other are accident hazards! Dismantle components properly. Pay attention to relatively high the dead weight of some of the components. Use a hoist if necessary. Secure the components so that they do not fall down or fall over. Risk of injury if the device is not dismantled properly. Consult the manufacturer if you have any questions.

WARNING

Never stand under a suspended load! Swinging or falling parts can cause injuries or fatalities.

WARNING

Exercise caution during lifting processes and transportation. Only use the transport methods described here. Risk of fatal injuries due to crushing if the component falls.

IMPORTANT

Proceed with caution when transporting objects! Comply with the instruction symbols on the packages and only use the provided attachment points. Improper transport can cause significant damage.

IMPORTANT

Avoid impacts when transporting! Improper transport can cause significant damage.

Personnel

- Only trained, specialised personnel may perform dismantling work.

7.2 Dismantling

Prior to dismantling:

- Switch off the device and safeguard it from being restarted.
- Physically disconnect the device from all energy supplies; discharge stored residual energy.
- Remove fuels and auxiliary materials, as well as residual processing materials and dispose of these items in an environmentally responsible manner.

Then clean the sub-assemblies and components properly and dismantle them, taking the applicable local occupational safety and environmental protection guidelines into consideration.

1. Unscrew the fastening elements of the geared bearing ring.
2. Remove the mating structure.
3. Unscrew the fastening elements of the non-geared bearing ring.
4. Remove the slewing ring.

7.3 Disposal

IMPORTANT

Electrical scrap and electronic components, lubricants and other auxiliary materials must be treated as special waste and may only be disposed of by approved specialist companies! Improper disposal can cause environmental harm.

If a return or disposal agreement has not been concluded, then recycle the dismantled components by:

- Scrapping the metals.
- Sending the plastic elements for recycling.
- Sorting and disposing of the remaining components according to their materials.

Local municipal authorities or specialised disposal companies provide information on environmentally responsible disposal.

8 Technical data / type plate

Fig. 43*: Type plate*

The type plate is on the outer ring and contains the following information:

- Manufacturer
- Drawing no. / type
- Weight
- Serial number
- Year of construction

8.1 In respect of slewing rings for wind turbines

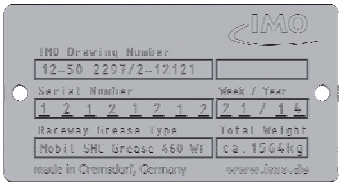


Fig. 44*: Type plate*

The position of the type plate is shown on the drawing of the slewing ring or the gear rim. In the case of slewing rings, the type plate is usually on the non-toothed ring and normally contains the following information:

- Manufacturer
- Material number
- Order number
- Year of construction
- Serial number
- Barcode
- Type of grease

IMO Group

Plant I, Gremsdorf, Germany

Plant II, Gremsdorf, Germany

IMO GmbH & Co. KG
Imostr. 1
91350 Gremsdorf, Germany
Tel. +49 9193 6395-40
Fax +49 9193 6395-4140
mail@imo.de

Contact details of our global partners can be found at www.imo.de

3.000/2000203/IMOMai14